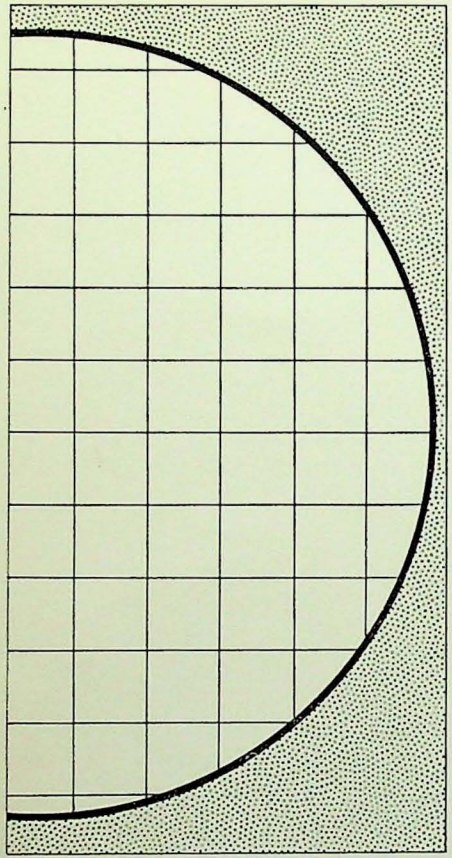


TOPP Buchreihe Elektronik 34

Rufus P. Turner

Messen und Arbeiten mit dem Oszillografen

TOPP

Buchreihe Elektronik 34

Rufus P. Turner

Messen und Arbeiten mit dem Oszillografen

Verlag Frech Stuttgart

Die amerikanische Ausgabe erschien unter dem Titel „Practical Oscilloscope Handbook" bei John F. Rider Publisher, Inc., New York

Der Verlag bittet zu beachten:
Unsere Veröffentlichungen von Schaltungen und Verfahren erfolgen ohne Rücksicht auf bestehende Patente, da sie nur für Amateur- und Lehrzwecke bestimmt sind. Eine gewerbliche Nutzung ist ausdrücklich untersagt.
Trotz sorgfältiger Überprüfung aller Schaltungen und Angaben durch Verfasser und Verlag lassen sich Fehler nie ganz vermeiden. Der Verlag kann deshalb weder eine Garantie für Fehlerlosigkeit noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung übernehmen.
Verfasser und Verlag sind für Hinweise auf Fehler sowie für Verbesserungs- oder Ergänzungsvorschläge dankbar.

ISBN 3-7724-0087-6

3. Auflage 1975
© Verlag und Druckerei M. Frech Stuttgart-Botnang
Wissenschaftliche Assistenz: Prof. O. Kilgenstein
Übersetzung: Dipl.-Ing. H. Pöchmüller
Druck: Frech Stuttgart-Botnang

Inhalt

1.1 Was ist der Oszillograf?
1.2 Der Elektronenstrahl
1.3 Ablenkung des Elektronenstrahls
1.4 Grundmerkmale von Katodenstrahlröhren
1.5 Masken
1.6 Funktion der Verstärker
1.7 Funktion des Ablenkgenerators
1.8 Synchronisation
1.9 Dunkeltastung
1.10 Intensitätsmodulation
1.11 Blockschaltbild eines Oszillografen
2.1 Schirmbeleuchtung
2.2 Intensität
2.3 Fokussierung
2.4 Horizontale Bildeinstellung
2.5 Vertikale Bildeinstellung
2.6 Verstärkungswahl
2.7 Polarität
2.8 Vertikale Verstärkungsregelung
2.9 Horizontale Verstärkungsregelung
2.10 Wahl der Zeitablenkung
2.11 Bereichswahl der Zeitablenkung
2.12 Frequenzfeineinstellung der Zeitablenkung
2.13 Wahl der Synchronisation
2.14 Einstellung der Synchronisationsspannung
2.15 Phasenkorrektur
2.16 Verstärkungsregelung für die Intensitätsmodulation
2.17 Eichspannungsgeber
2.18 Zeitdehnung
2.19 Service-Einstellungen
3.1 Warum spezielle Tastköpfe gebraucht werden
3.2 Kapazitätsarmer Tastkopf
3.3 Hochspannungstastkopf
3.4 Tastkopf mit kapazitivem Spannungsteiler
3.5 Demodulator-Tastkopf
3.6 HF-Tastkopf
3.7 Eichspannungsgeber
3.8 Frequenz- bzw. Zeiteichung
3.9 Elektronischer Schalter
3.10 Externe Verstärker

4.1 Wie ein Oszillograf in Betrieb genommen wird
4.2 Vorsichtsmaßnahmen
4.3 Abhängigkeit zwischen Meßobjekt und Meßgerät
5.1 Eichung des Schirmes
5.2 Direkte Spannungsmessung
5.3 Spannungsmessung durch Vergleich
5.4 Messung pulsierender Spannungen
5.5 Messung von überlagerten Spannungen
5.6 Messung von Gleich- und Wechselströmen
5.7 Messung von überlagerten Strömen
6.1 Verwendung von Lissajous-Figuren
6.2 Lissajous-Figuren mit kreisförmiger Grundlinie
6.3 Frequenzmessung mittels Helligkeitssteuerung und kreisförmiger Grundlinie
6.4 Frequenzmessung mittels Helligkeitssteuerung und gerader Grundlinie
6.5 Verwendung der internen Sägezahnablenkung
7.1 Verwendung von Lissajous-Figuren
7.2 Prüfung der eigenen Phasendrehung des Oszillografen
7.3 Verwendung von Mehrfachoszillogrammen
7.4 Bestimmung des Phasenwinkels zwischen Strom und Spannung
7.5 Bestimmung des Phasenwinkels zwischen zwei Strömen
7.6 Gleichzeitige Messung der Spannung (bzw. des Stromes) und der Phase
8.1 Prüfung der Wellenform
8.2 Dämpfungs- und Verstärkungsmessung
8.3 Messung des Frequenzganges
8.4 Brumm- und Rauschmessungen
8.5 Messung der Ausgangsleistung
8.6 Messung von Phasendrehungen
8.7 Bestimmung von Verzerrungen
8.8 Intermodulationsmessung
8.9 Prüfung mit Rechteckspannung
8.10 Oszillograf als NF-Signalverfolger
9.1 Visueller Abgleich von ZF-Verstärkern
9.2 Visueller Abgleich einer AM-Eingangsstufe
9.3 Visueller Abgleich eines FM-Demodulators
9.4 Visueller Abgleich von FM-ZF-Verstärkern
9.5 Visueller Abgleich einer FM-Eingangsstufe
9.6 Visueller Abgleich eines Fernseh-ZF-Verstärkers
9.7 Visueller Abgleich des Tonkanals eines Fernsehempfängers
9.8 Prüfung des Video-Verstärkers
9.9 Visueller Abgleich einer Fernseheingangsstufe
9.10 Prüfung verschiedener FS-Signale
9.11 Prüfung des NF-Kanals in Empfängern
9.12 Oszillograf als Signalverfolger
10.1 Prüfung der Amplitudenmodulation durch Sinusmodulation
10.2 Prüfung der Amplitudenmodulation mittels Modulationstrapezes
10.3 Prüfung der Modulationsstufe
10.4 Prüfung von Frequenz-Vervielfacherstufen

Dieses „Handbuch der praktischen Oszillografie" wurde für Techniker und solche Leute geschrieben, die mit wenigen Worten wissen wollen, wie der Oszillograf bei verschiedenen Aufgaben angewandt wird. Es wird vorausgesetzt, daß der Leser Grundkenntnisse der Elektronik besitzt und andererseits keine theoretische Abhandlung fordert. Der Leser soll es als einen Führer für den Umgang mit Oszillografen betrachten. Die Anweisungen sollen so kurz wie möglich und rezeptartig sein. Die Theorie wurde weggelassen, mit Ausnahme der Stellen, wo es zum Verstehen der Anwendung notwendig ist.

Der Leser, der mit der Funktionsweise, dem Aufbau und den Eigenheiten eines Oszillografen wenig vertraut ist, findet in den ersten drei Kapiteln eine einfache Darstellung dieser Einzelheiten. Der Autor hat versucht, einen übermäßigen Gebrauch des Fachjargons zu vermeiden und verwendet zur Erklärung einfache Schaltkreise und Blockschaltbilder anstelle von sehr detaillierten Schaltkreisen. Der Leser, der darin genau Bescheid weiß, kann die Kapitel 1, 2 und 3 überspringen. Die folgenden sieben Kapitel dieses Bandes geben Anweisungen für die Prüfung und Messung in den Anwendungsbereichen, die im jeweiligen Kapitel behandelt werden. Diese beinhalten grundsätzliche Messungen (Strom, Spannung, Frequenz, Phase) und spezielle Anwendungen (Verstärker, Empfänger und Sender), die den Techniker im Labor ebenso interessieren wie den Studenten, Service-Techniker, Radio- und Elektronikamateur. Verschiedene Prüfungen können mit relativ einfachen Oszillografen durchgeführt werden.

Rufus P. Turner

1 Grundlagen

Von allen elektronischen Meßgeräten ist der Oszillograf wegen seiner Vielseitigkeit am unentbehrlichsten. Mit diesem Meßgerät können viele Vorgange in elektrischen und elektronischen Schaltkreisen sichtbar gemacht werden.
Dieses Kapitel beschreibt den Oszillografen in einer technischen Sprache, die, wie wir hoffen, auch von Laien verstanden wird. Es ist sowohl für Anfänger, welche nur geringe oder keine Kenntnisse auf diesem Gebiet besitzen, als auch für Fachleute geschrieben, für die es eine Auffrischung ihrer Kenntnisse sein soll.

1.1. Was ist der Oszillograf?

Prinzipiell gesehen ist der Oszillograf ein Elektronenstrahl-Voltmeter. Die Anzeige wird dadurch verursacht, daß ein angelegtes Signal einen dünnen Elektronenstrahl ablenkt. Da die Elektronen, aus denen ein solcher Strahl besteht, eine vernachlässigbar kleine Masse besitzen, kann ein Oszillograf viel schnellere Vorgänge aufzeigen als Geräte mit mechanischer Anzeige. In seiner Leistungsfähigkeit jedoch ist der Oszillograf mit keinem anderen Voltmeter vergleichbar. Wegen seiner Fähigkeit, sehr schnelle Vorgänge sichtbar zu machen und der Möglichkeit viele Messungen einfacher und schneller durchzuführen, wurde der Oszillograf zu einem sehr viel gebrauchten Meßgerät in Labors, Reparaturwerkstätten, Radarstationen u. v. a.
Dieses Instrument leistet ebenso unschätzbare Dienste in Gebieten, in denen nichtelektrische Größen in proportionale elektrische umgewandelt werden können wie z. B. Meteorologie, Medizin, Biologie, Chemie usw. Der Oszillograf ist also ein Voltmeter, das anstelle eines mechanischen Zeigers einen Elektronenstrahl benutzt. Durch die direkte Beobachtungsmöglichkeit der zu untersuchenden Vorgänge wird viel an Meßzeit eingespart.

1.2. Der Elektronenstrahl

Die Funktionsweise einer Katodenstrahl- oder Oszillografenröhre kann mit einem scharf gebündelten Lichtstrahl, z. B. aus einer Taschenlampe, verglichen werden. Wird ein solcher Lichtstrahl auf eine Wand gerichtet, erscheint auf dieser, wenn die Lichtquelle nicht bewegt wird, ein heller Leuchtfleck. Durch sehr schnelles hin- und herbewegen des Lichtstrahles nimmt das Auge nicht einen sich bewegenden Leuchtfleck, sondern eine helle Linie wahr. Diese Bewegung kann in jede Richtung erfolgen.
Ähnlich diesem Beispiel arbeitet die Katodenstrahlröhre. Bei dieser wird anstelle eines Lichtstrahls ein scharf

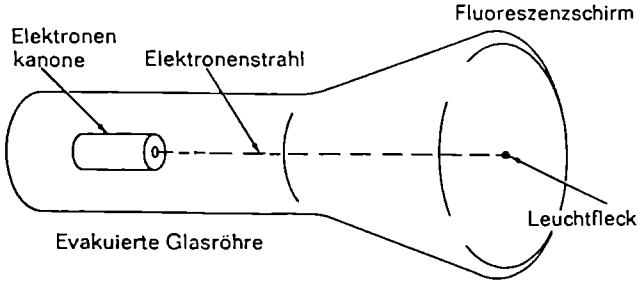


Bild 1: Prinzipieller Aufbau einer Katodenstrahlröhre

gebündelter Elektronenstrahl und als Anzeigewand ein Fluoreszenzschirm verwendet. Bild 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Katodenstrahl- oder Oszillografenröhre. In der Elektronenkanone werden die Elektronen erzeugt, gebündelt, beschleunigt und treffen dann am Fluoreszenzschirm auf. Die Stelle des Schirmes, die vom Elektronenstrahl getroffen wird, leuchtet auf. Wird der Elektronenstrahl auf dem Weg zum Schirm von einem elektrischen oder magnetischen Feld abgelenkt, zeichnet er auf diesem ein entsprechendes Bild. Die Elektronenkanone ist aus verschiedenen Teilen aufgebaut, die in folgender Reihenfolge angeordnet sind:

1. Eine geheizte Katode, aus der die Elektronen austreten,
2. eine Steuerelektrode, an der eine negative Spannung gegen die Katode liegt und mit der die Helligkeit eingestellt wird,
3. eine erste Beschleunigungselektrode mit positiver Spannung gegen die Katode, die den Strahl beschleunigt,
4. eine Fokussierungselektrode mit positiver Spannung, die den Elektronenstrahl soweit verengt, daß damit am Fluoreszenzschirm eine dünne, scharfe Linie geschrieben wird,
5. eine zweite Beschleunigungselektrode mit positiver Spannung, welche den Strahl weiter beschleunigt.

Diese Elektroden sind in Richtung des Strahles angeordnet und besitzen in der Mitte ein kleines Loch für den ungehinderten Durchtritt der Elektronen. Die Elektronenkanone ist sowohl die Quelle des Elektronenstrahles als auch ein elektronisches System, mit dem die Schärfe und Helligkeit eingestellt wird.

1.3. Ablenkung des Elektronenstrahls

Der Elektronenstrahl kann in transversaler Richtung entweder durch ein elektrisches (elektrostatische Ablenkung) oder magnetisches Feld (elektromagnetische Ablenkung) abgelenkt werden. In den meisten Oszillografen wird die elektrostatische Ablenkung angewandt, die die Messung höherer Frequenzen erlaubt und geringere Leistung benötigt; in Fernsehbildröhren wird

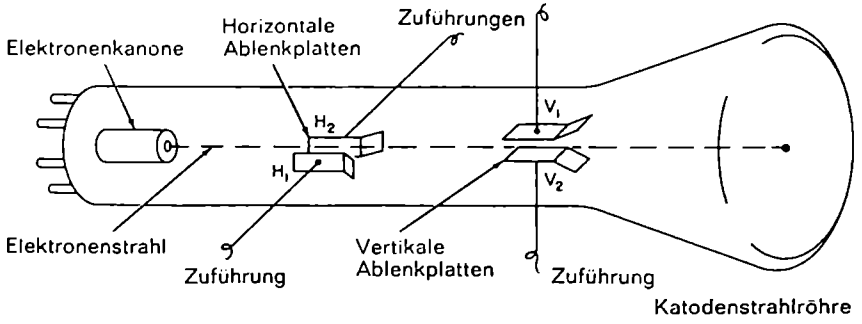


Bild 2: Anordnung der Ablenkplatten

dagegen fast ausschließlich die elektromagnetische Ablenkung angewandt.

Das Prinzip der elektrostatischen Ablenkung ist einfach. Da die Elektronen negativ geladene Teilchen sind, werden sie von positiven Ladungen angezogen und von negativen abgestoßen. Der Elektronenstrahl wird daher von einem positiven Feld in die eine Richtung und von einem negativen in die entgegengesetzte Richtung abgelenkt. Für diese Ablenkung sind innerhalb der Röhre Ablenkplatten angebracht (Bild 2), an die geeignete Ablenkspannungen angelegt werden. Diese Ablenkplatten sind in zwei Paaren angeordnet. H 1 und H 2 zur horizontalen Strahlablenkung und V 1, V 2 für die vertikale Richtung. Diese Ablenkplatten sind mit Zuführungen versehen. Der Elektronenstrahl durchläuft den Raum zwischen den beiden Plattenpaaren. Wird an diese Ablenkplatten keine Spannung angelegt, so wirken auf den Strahl keine äußeren Kräfte ein und er trifft in der Mitte des Schirmes auf. Ist zum Beispiel nur H 1 positiv gegenüber der Katode, wird der Strahl in Richtung H 1 abgelenkt und der Leuchtfleck erscheint am linken Schirmrand (Bild 3 b). Ähnliches gilt für die übrigen Platten, wenn jeweils eine an einer positiven Spannung liegt (Bild 3 c—3 e). Die Auslenkung des Leuchtfleckes von der Mitte ist dabei proportional der angelegten Spannung. Ist beispielsweise die Auslenkung bei der angelegten Spannung U 1, gleich x_1 und bei der Spannung U 2 gleich 2 x_1, so ist auch U 2 = 2U 1.

Wird eine Ablenkplatte an eine negative Spannung gelegt, so wird der Strahl von dieser abgestoßen und die Auslenkung erfolgt, wie vorher beschrieben, in die

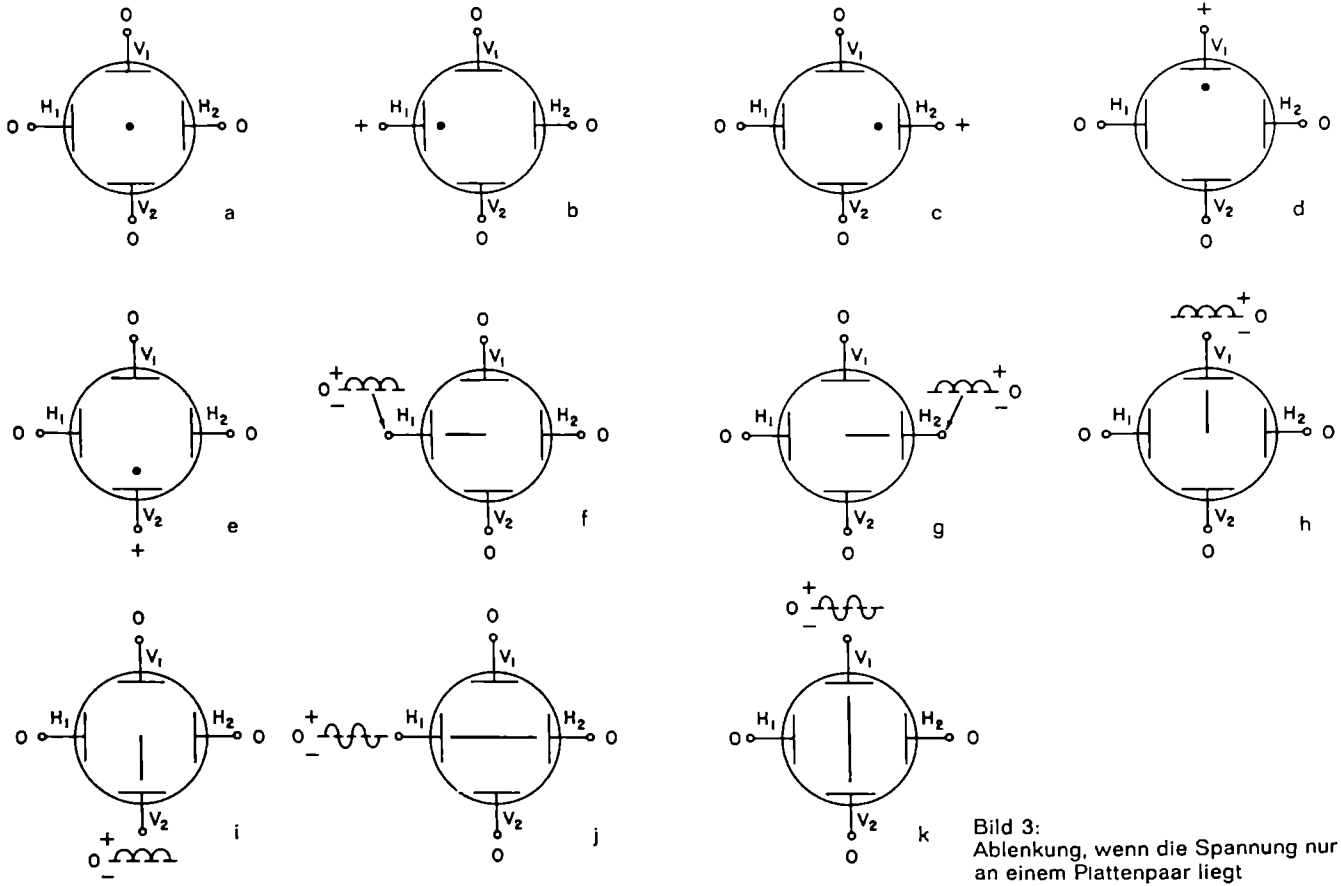


Bild 3:
Ablenkung, wenn die Spannung nur an einem Plattenpaar liegt

entgegengesetzte Richtung. Ist z. B. V 2 negativ, wird der Strahl so abgelenkt, daß der Leuchtfleck vertikal nach oben wandert.
Erfolgt die Ablenkung des Strahles so schnell, daß das Auge den einzelnen Leuchtflecken nicht mehr folgen kann, erscheint die Aufeinanderfolge der einzelnen Leuchtflecke als Leuchtlinie. Liegt an H 1 eine positive, ständig von 0 bis zu einem Maximalwert pulsierende Spannung, schreibt der Leuchtfleck eine Linie von der Mitte des Schirmes nach links (Bild 3 f). Entsprechendes gilt, wenn diese pulsierende Spannung an den anderen Ablenkplatten anliegt (Bild 3 g—3 i).
Liegt nun eine die Polarität wechselnde Spannung an H 1, wird der Strahl abwechselnd von der Mitte nach links und zurück, dann von der Mitte nach rechts und wieder zur Mitte zurück abgelenkt. Der Strahl beschreibt eine gerade Linie, die horizontal durch die Mitte des Schirmes verläuft (Bild 3 j). Eine vertikale Linie wird geschrieben, wenn entweder an V 1 oder an V 2 eine Wechselspannung anliegt (Bild 3 k).
Diese Beispiele zeigten die sich ergebenden Schirmbilder auf, wenn nur an einem Plattenpaar eine Spannung angelegt wird. Ist an beiden Plattenpaaren gleichzeitig eine Spannung vorhanden, setzt sich die resultierende Ablenkung aus den beiden Einzelablenkungen zusammen; d. h. der Leuchtfleck wird zwischen der horizontalen und vertikalen Achse liegen. Die Bilder 4 a bis 4 m zeigen die sich in diesen Fällen ergebenden Auslenkungen. Ist die Spannung an der horizontalen Ablenkplatte gleich groß wie die an der vertikalen, liegt der Leuchtfleck genau unter 45 ° von der horizontalen Achse aus gemessen. Der Winkel ist proportional größer (Leuchtfleck näher an der vertikalen Achse), wenn die vertikale Spannung größer als die horizontale ist und umgekehrt (Bild 4 a—4 d).
Wird anstelle einer Gleichspannung eine pulsierende Spannung an zwei Ablenkplatten angelegt, ergibt sich wieder eine Linie unter einem bestimmten Neigungswinkel. Die Neigung der Linie beträgt wieder genau 45 °, wenn die beiden Spannungen gleich groß sind und die gleiche Phase besitzen. Die Neigung ist größer als 45 °, wenn die vertikale Spannung größer als die horizontale und kleiner als 45 °, wenn die horizontale Spannung größer als die vertikale ist (Bild 4 e bis 4 h).
Bild 4 i und 4 j zeigen die Auslenkung, wenn eine Wechselspannung an zwei Ablenkplatten anliegt. Dabei sind die beiden Spannungen zueinander in Phase. Die Neigung der Linie beträgt 45 °, wenn beide Spannungen gleich groß sind. Ist eine der beiden Spannungen größer, wird sich die Linie näher an die Achse anlehnen, an deren Platte die größere Spannung liegt. Die Linie liegt symmetrisch zur Mitte des Schirmes, wenn die Wechselspannung symmetrisch ist. Wenn die Wechselspannung asymmetrisch ist, d. h. positive und negative Halbwellen nicht gleich groß sind, ist auch die sich er-

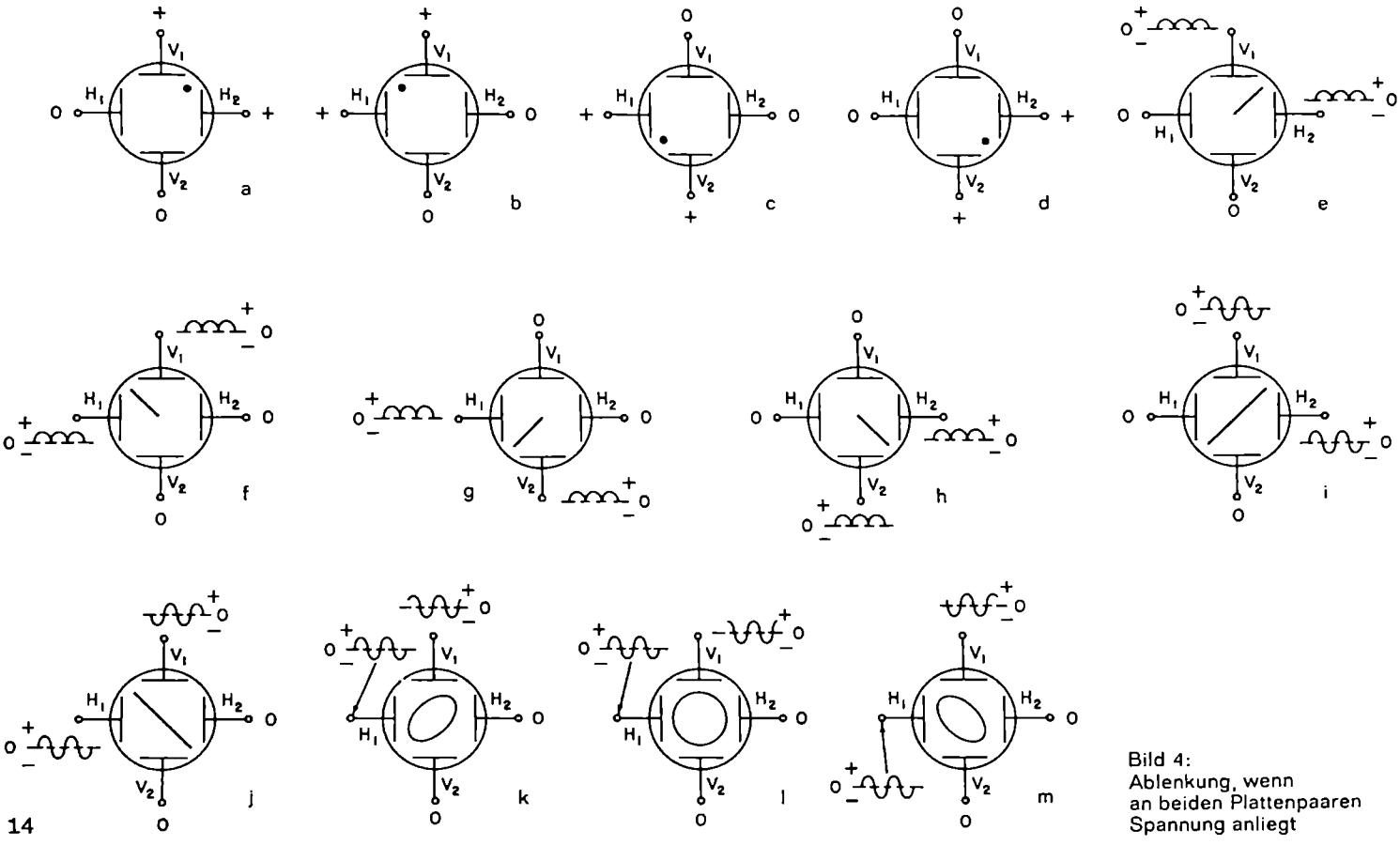


Bild 4:
Ablenkung, wenn
an beiden Plattenpaaren
Spannung anliegt

gebende Linie asymmetrisch zur Mitte des Schirmes. Dabei entspricht dann die kürzere Seite der kleineren Halbwelle.
Eine gerade Linie wird nur erhalten, wenn der Phasenwinkel zwischen der horizontalen und vertikalen Spannung 0 °, 180 ° oder 360 ° beträgt. Bei abweichenden Phasenwinkeln wird keine einfache Linie mehr erscheinen. Bei gleichen Spannungen erscheint bei Phasenwinkeln zwischen 0 ° und 90 ° eine aus der Vertikalen nach rechts geneigte Ellipse, ein Kreis bei genau 90 °. Eine nach links geneigte Ellipse bei Phasenwinkel zwischen 90 ° und 180 °. Bei Phasenwinkel über 180 ° ergeben sich wieder dieselben Bilder. Bei einem Winkel von 0 ° und 360 ° ist die gerade Linie nach rechts geneigt und bei 180 ° nach links.

1. 4. Grundmerkmale von Katodenstrahlröhren

Elektrostatische Katodenstrahlröhren gibt es in einer Vielzahl von Typen und Größen zur Erfüllung der jeweiligen Aufgabe. Eine kurze Zusammenstellung der wichtigsten Merkmale dieser Röhren folgt weiter unten. Detaillierte elektrische und mechanische Angaben sind in jedem Röhrenbuch zu finden.

Größe: Als Größe wird der Schirmdurchmesser angegeben. Katodenstrahlröhren werden meist mit Durchmessern von 3, 7, 10, 13 und 18 cm für Anwendungen in Oszillografen gebaut. Die 3-cm-Röhre wird am meisten für bewegliche Geräte verwendet. In der Typenbezeichnung gibt die Zahl nach den ersten Buchstaben den Schirmdurchmesser an. Bei einer Röhre mit der Bezeichnung DG 7 - 14 handelt es sich um eine solche mit einem Schirmdurchmesser von 7 cm.

Phosphore: Der Schirm ist mit einer fluoreszierenden Schicht bedeckt, die Phosphor genannt wird. Dieses Material bestimmt die Farbe und die Nachleuchtdauer des Bildes. Als Farbe für elektrostatische Katodenstrahlröhren wird blau, blaugrün und grün verwendet. (Weiß wird für Fernsehbildröhren verwendet, blauweiß, orange und gelb für Radarschirme.) Die Nachleuchtdauer in diesen Röhren ist kurz, mittel und lang. Unter Nachleuchtdauer wird die Zeit verstanden, in der das Bild noch zu sehen ist, nachdem das Signal bereits verschwunden ist. Die Angabe der Farbe des Fluoreszenzschirmes sowie der Nachleuchtdauer ist im zweiten Buchstaben oder auch in den Buchstaben nach den Zahlen enthalten. Die Angabe DB 13 - 34 bedeutet, daß es sich z. B. um einen blauen Schirm mit kurzer Nachleuchtdauer handelt.
Mittlere Nachleuchtdauer ist geeignet für die meisten allgemeinen Anwendungsfälle. Langes Nachleuchten ist notwendig für kurz andauernde Vorgänge, da es die Beobachtung dieser noch nach ihrem Auftreten gestattet. Kurzes Nachleuchten wird bei schnellen Vor-

gängen verwendet, um eine Verschmierung des Bildes zu vermeiden, wenn sich zwei oder mehrere Bilder zeitlich überlappen.

Betriebsspannungen: Die Katodenstrahlröhre erfordert eine Heizspannung (meist 6,3 V Gleich- oder Wechselspannung bei einem Strom von ca. 600 mA) und verschiedene Gleichspannungen, die für die einzelnen Typen unterschiedlich sind. Es sind dies:

1. Negatives Gitter (Steuerelektrode) mit einer Spannung von —14 V bis —200 V.
2. Anode 1 (Fokussierungselektrode) mit positiver Spannung von 100 bis 1100 V.
3. Anode 2 (Beschleunigungselektrode) mit Spannungen von 600 V bis 6000 V.
4. Anode 3 (eine weitere Beschleunigungselektrode in verschiedenen Typen) mit Spannungen von 200 V bis 20 000 V.

Ablenkspannungen: Sowohl eine Gleich- als auch eine Wechselspannung kann den Strahl ablenken, wie es in Abschnitt 1.3 gezeigt wurde. Die Auslenkung des Strahles ist proportional der angelegten Gleichspannung oder der maximalen Wechselspannungsamplitude. Als Ablenkempfindlichkeit einer Röhre wird diejenige Spannung angegeben, die notwendig ist, um eine Auslenkung des Leuchtfleckes von z. B. 1 cm zu erhalten. Die Empfindlichkeit wird getrennt für horizontale und vertikale Ablenkung angegeben. Sie variiert zwischen 3 und 100 V/cm in vertikaler und zwischen 10 und 120 V/cm in horizontaler Richtung und ist abhängig von der jeweiligen Type.

Mehrstrahloszillografen: Verschiedene Katodenstrahlröhren besitzen mehr als eine Elektronenkanone. Dies erlaubt die gleichzeitige Abbildung mehrerer Signale an ein und demselben Schirm. Solche Röhren werden mit 2 bis 4 Kanonen gebaut und für spezielle Anwendungen gebraucht. Bei diesen Röhren ist jedes System vom anderen vollkommen getrennt.

1. 5. Masken

Es ist schwierig, ohne Hilfsmittel den genauen Ort des Leuchtfleckes am Schirm zu bestimmen. Aus diesem Grunde wird eine geeignete transparente und mit Einteilungen versehene Maske über den Leuchtschirm gelegt. Damit ist es möglich, genaue Ablesungen zu erhalten. Solche Scheiben oder Masken gibt es mit verschiedenen Einteilungen. Bild 5 zeigt die gebräuchlichsten Masken. Die Teilung ist meist eine cm-Teilung.

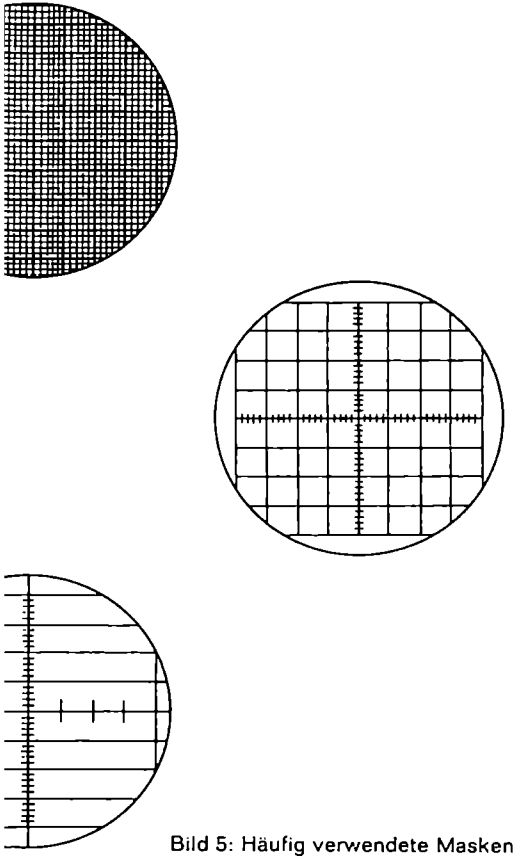


Bild 5: Häufig verwendete Masken

1. 6. Funktion der Verstärker

Eine vertikale Ablenkempfindlichkeit von z. B. 50 V pro cm heißt, daß für eine Auslenkung von 5 cm eine Spannung von 250 V erforderlich ist. Solch große Signalspannungen sind in vielen Fällen nicht vorhanden. Um nun kleine Signale sichtbar zu machen, müssen sie auf diese großen Werte gebracht werden. Für solche Zwecke werden Ablenkverstärker verwendet.

Ein Oszillograf hat getrennte Verstärker für die horizontale und vertikale Ablenkung. Die Bandbreite dieser Verstärker muß groß genug sein, um den ganzen Frequenzbereich, der mit dem Oszillografen gemessen werden soll, zu erfassen. Die Bandbreite eines sehr guten Laborgerätes umfaßt den Bereich von Gleichspannungen bis zu Wechselspannungen mit Frequenzen von 30 bis 1000 MHz. Ein einfacher Oszillograf für den Fernsehservice soll einen Frequenzbereich bis ca. 5 MHz verarbeiten können. Oszillografen, die für Radioreparaturen vorgesehen sind, werden gewöhnlich nur für Wechselspannungen verwendet und besitzen deshalb eine untere Frequenzgrenze von ca. 200 kHz. Durch diese Ablenkverstärker wird die Ablenkempfindlichkeit auf Werte von 10 bis 100 mV/cm in einfacheren und auf 0,2 mV/cm und besser in größeren Geräten erhöht. Verschiedene Oszillografen gestatten es, hohe Signalspannungen direkt an die Ablenkplatten anzuschließen, ohne über den Verstärker gehen zu müssen.

1. 7. Funktion des Ablenkgenerators

Die Amplitude einer Spannung kann an einem Schirm mit geeichter Maske direkt gemessen werden. Die Länge des erzeugten geraden Leuchtstriches ist proportional der angelegten Spannung. Dies wäre ausreichend für Gleichspannungsmessungen. Diese gerade Linie sagt aber nichts über die Wellenform einer Wechselspannung, einer pulsierenden Spannung oder eines einmaligen kurzen Spannungsstoßes aus. Was verlangt wird, ist eine grafische Darstellung des Spannungsverlaufes.

Um dies zu erreichen, wird die Signalspannung an die vertikalen Ablenkplatten (direkt oder über einen Verstärker) angelegt. Diese Spannung lenkt den Leuchtfleck in vertikaler Richtung aus, und zwar in eine Position, die dem jeweiligen Augenblickswert der angelegten Spannung entspricht. Zur gleichen Zeit wird der Leuchtfleck in horizontaler Richtung quer über dem Schirm durch eine Zeitablenkspannung, die an den horizontalen Ablenkplatten liegt, abgelenkt. Die kombinierte Auslenkung durch die beiden Spannungen ergibt die genaue Aufzeichnung des Signals. Die Zeitablenkspannung liefert die Zeitbasis durch eine zeitproportionale horizontale Ablenkung, während die Signalspannung den Leuchtfleck entsprechend dem Augenblickswert in vertikaler Richtung bewegt.

Der Zeitablenkgenerator hat zwei wichtige Aufgaben zu erfüllen:

1. Die Ablenkung muß zeitproportional sein, d. h. der Anstieg der Zeitablenkspannung muß bis zur vollen Amplitude, die für eine Ablenkung über den ganzen Schirm notwendig ist, streng linear verlaufen.
2. Der Leuchtfleck darf sich nur von links nach rechts bewegen und nicht in umgekehrter Richtung. Ist dies nicht der Fall, wird das Signal während des Rücklaufes rückwärts aufgezeichnet. Das bedeutet, daß die Zeitablenkspannung nach Erreichen ihres Höchstwertes plötzlich wieder auf Null zurückspringen muß. Dies wird durch einen sägezahnförmigen Spannungsverlauf erfüllt.

Wie diese Zeitablenkung arbeitet, ist in Bild 6 gezeigt. Zur Zeit t 0 sei die Sägezahnspannung —E 2. Diese negative horizontale Spannung bewegt den Leuchtpunkt an die Stelle 1 des Schirmes (Bild 6 c). Zu diesem Zeitpunkt ist die Signalspanung gleich null (Bild 6 b), so daß der Leuchtpunkt am linken Ende der Nullinie steht. Zur Zeit t 1 erreicht die linear ansteigende Sägezahnspannung den Wert —E 1. Da diese Spannung positiver als —E 2 ist, wird der Leuchtpunkt um ein Viertel der Periode nach rechts bewegt. In diesem Augenblick besitzt die Signalspannung den Wert +e, den positiven Maximalwert, damit ist in Punkt 2 die größte Auslenkung nach oben erreicht. Zur Zeit t 2 ist die Sägezahnspannung null und der Leuchtpunkt genau

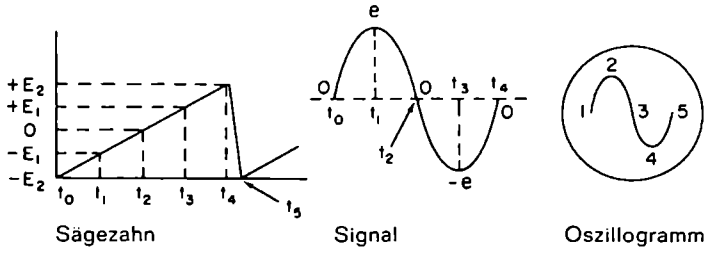


Bild 6: Prinzip der sägezahnformigen Zeitablenkung

in der Mitte des Schirmes. Zu diesem Zeitpunkt ist auch die Signalspannung null, und somit keine Ablenkung in vertikaler Richtung. Zur Zeit t 3 beträgt die Sägezahnspannung +E 1 und bewegt den Leuchtpunkt wieder um ein Viertel der Periode nach rechts. Das Signal besitzt zu dieser Zeit den Wert —e, den negativen Maximalwert, somit wird in Punkt 4 die größte Auslenkung nach unten erzielt. Zur Zeit t 4 beträgt die Sägezahnspannung +E 2, die den Leuchtpunkt bis Punkt 5 bewegt. Die Signalspannung ist zu dieser Zeit wieder null, so daß der Leuchtpunkt nicht in vertikaler Richtung bewegt wird. Zwischen t 4 und t 5 fällt die Sägezahnspannung sehr schnell auf den Ausgangswert —E 2 zurück. Dadurch springt der Leuchtpunkt wieder in den Ausgangspunkt 1 und der nächste Zyklus des Signals kann geschrieben werden.

Wenn die Frequenz des Sägezahns gleich der des Signals ist, wird am Schirm nur eine Periode geschrieben. Ist die Frequenz des Sägezahns höher, erscheint nur ein Teil einer Periode. Das am Schirm sichtbare Bild ist nur dann stabil, d. h. es steht still, wenn die beiden Frequenzen übereinstimmen oder aber in einem ganzzahligen Verhältnis zueinander stehen. Bei allen anderen Frequenzverhältnissen wandert das Bild horizontal über den Schirm.

Diese Sägezahnspannungen werden in Multivibratoren, Relaxationsoszillatoren oder Impulsgeneratoren erzeugt. Die obere Frequenzgrenze von solchen Generatoren liegt bei 50 bis 100 kHz für Geräte im Rundfunkbereich, bei 500 bis 1000 kHz für den Fernsehservice, und bei hochwertigen Laborgeräten liegt die Grenze bei einigen MHz.

Wiederholte Zeitablenkung: Wenn ohne Unterbrechung ein Sägezahn auf den anderen folgt, wird der Strahl ständig horizontal abgelenkt. Dadurch wird das Bild der Signalspannung immer wieder gezeichnet und eine längere Beobachtung ermöglicht. Dieser sich ständig wiederholende Vorgang wird wiederholte Zeitablenkung genannt.

Einmalige Zeitablenkung: Das Gegenteil der wiederholten Zeitablenkung ist die einmalige Zeitablenkung. Bei dieser wird der Leuchtpunkt nur ein einziges Mal

über die Breite des Schirmes abgelenkt. Dieser Vorgang kann entweder durch das Eingangssignal oder durch einen Schalter ausgelöst (getriggert) werden.
Getriggerte Zeitablenkung: Arbeitet ein Ablenkgenerator unabhängig von äußeren Einflußgrößen, spricht man von frei-laufenden Oszillatoren. Das Ungünstige an dieser Arbeitsweise ist, daß der Sägezahn möglicherweise zu einem Zeitpunkt beginnt, zu dem das Signal bereits vorhanden ist. Dadurch wird ein Teil des Signals nicht sichtbar. Die getriggerte Zeitablenkung beseitigt diesen Nachteil, da der Sägezahn durch das Signal ausgelöst wird. Signal und Sägezahn beginnen daher zur gleichen Zeit.
Nicht sägezahnförmige Zeitablenkung: In verschiedenen Anwendungsfällen, in denen die Wellenform des Signals nicht interessiert, ist eine lineare Zeitablenkung nicht notwendig. In solchen Fällen werden sinusförmige oder anders geformte Wechselspannungen verwendet. Die Bilder 4 k—m werden z. B. dann vorkommen, wenn sowohl das Signal als auch die Zeitablenkspannung sinusförmig sind und dieselbe Frequenz besitzen.

1. 8. Synchronisation

Ein Weglaufen der Sägezahnfrequenz verursacht ein instabiles Bild. Dies zeigt sich in einem Wandern des Kurvenzuges über den Schirm und in einer Änderung der Anzahl der Perioden.
Eine solche Änderung wird dadurch vermieden, daß der Sägezahngenerator durch einen anderen Generator (extern) oder durch das Signal selbst (intern) synchronisiert wird. Der Generator kann entweder durch die positive oder negative Halbwelle der Synchronisationsspannung synchronisiert werden. Die Synchronisationsspannung wird an einem geeigneten Punkt in den Sägezahngenerator eingespeist.

1. 9. Dunkeltastung

Während des kurzen Rücklaufintervalles (t 4 bis t 5 in Bild 6 a), in dem die Sägezahnspannung von ihrem Endwert auf den Anfangswert zurückgeht, springt der Leuchtfleck in seine Ausgangsposition zurück. Da dieser Rücklauf nicht interessiert, wird er ausgetastet.
Dieser Rücklauf wird dadurch unsichtbar gemacht, daß während dieser Zeit eine hohe negative Spannung an die Steuerelektrode gegeben wird. Dadurch wird verhindert, daß Elektronen aus der Kanone austreten können.

1. 10. Intensitätsmodulation (Z-Achse)

Bei verschiedenen Anwendungsfällen wird an die Steuerelektrode eine Wechselspannung angelegt. Da-

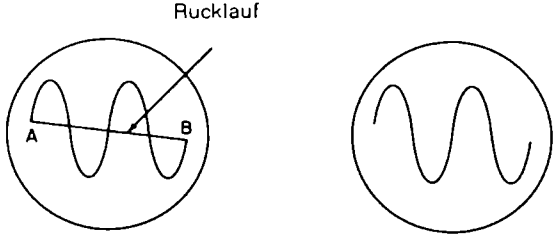


Bild 7· Dunkeltastung des Rücklaufes

durch wird die Intensität des Elektronenstrahles im Rhythmus des Signals geändert. Während der positiven Halbwellen ist der Leuchtfleck hell und während der negativen Halbwellen wird dieser dunkler oder verschwindet ganz. Diese Änderung der Helligkeit wird Intensitätsmodulation genannt und zeigt sich am Schirm als unterbrochener Kurvenzug, ähnlich einer strichlierten Linie.
Diese Intensitätsmodulation leistet bei verschiedenen Messungen gute Dienste, bei denen das Signal gleichzeitig an die Steuerelektrode und an die Ablenkplatten angelegt wird.

1. 11. Blockschaltbild eines Oszillografen

In einfachster Form besteht ein Oszillograf aus Katodenstrahlröhre, Stromversorgung, Fokussierungseinrichtung und Intensitätsregelung. Solch einfache Anordnungen werden verschiedentlich verwendet wie z. B. zur Überwachung des Modulationsgrades in Sendern, da hier hohe Spannungen zur Ablenkung zur Verfügung stehen und eine spezielle Zeitablenkung nicht benötigt wird. Der Großteil der Oszillografen ist jedoch viel komplexer aufgebaut. Bild 8 zeigt das Blockschaltbild eines konventionellen Oszillografen mit den dazu erforderlichen Funktionseinheiten.
Die Heizwechselspannung für die Katodenstrahlröhre und für die übrigen Röhren in den einzelnen Funktionsgruppen wie Verstärker, Sägezahngenerator usw., wird von einer Heizspannungsquelle geliefert. Diese Spannungsquelle besteht meist nur aus der Heizwicklung am Transformator. Aus dieser Spannungsquelle wird vielfach noch eine genaue Eichwechselspannung gewonnen und an die Klemme 1 gegeben. Die Gleichspannungen für die Katodenstrahlröhre liefert über einen Spannungsteiler R 1 bis R 5 ein Hochspannungsteil. In diesem Spannungsteiler ist R 3 als Potentiometer ausgeführt und dient zur Fokussierung des Strahles. Mit R 5 wird die Intensität eingestellt. Der Kondensator C 1 legt die beiden Ablenkplatten und Anode 2 für das Signal an Masse, da er für Wechselspannungen einen Kurzschluß und für Gleichspannungen einen Isolator darstellt. Eine etwas andere Ausführung wird in Gleichspannungsoszillografen verwendet. Bei diesen werden die Ablenkplatten nicht auf Masse gelegt, sondern von

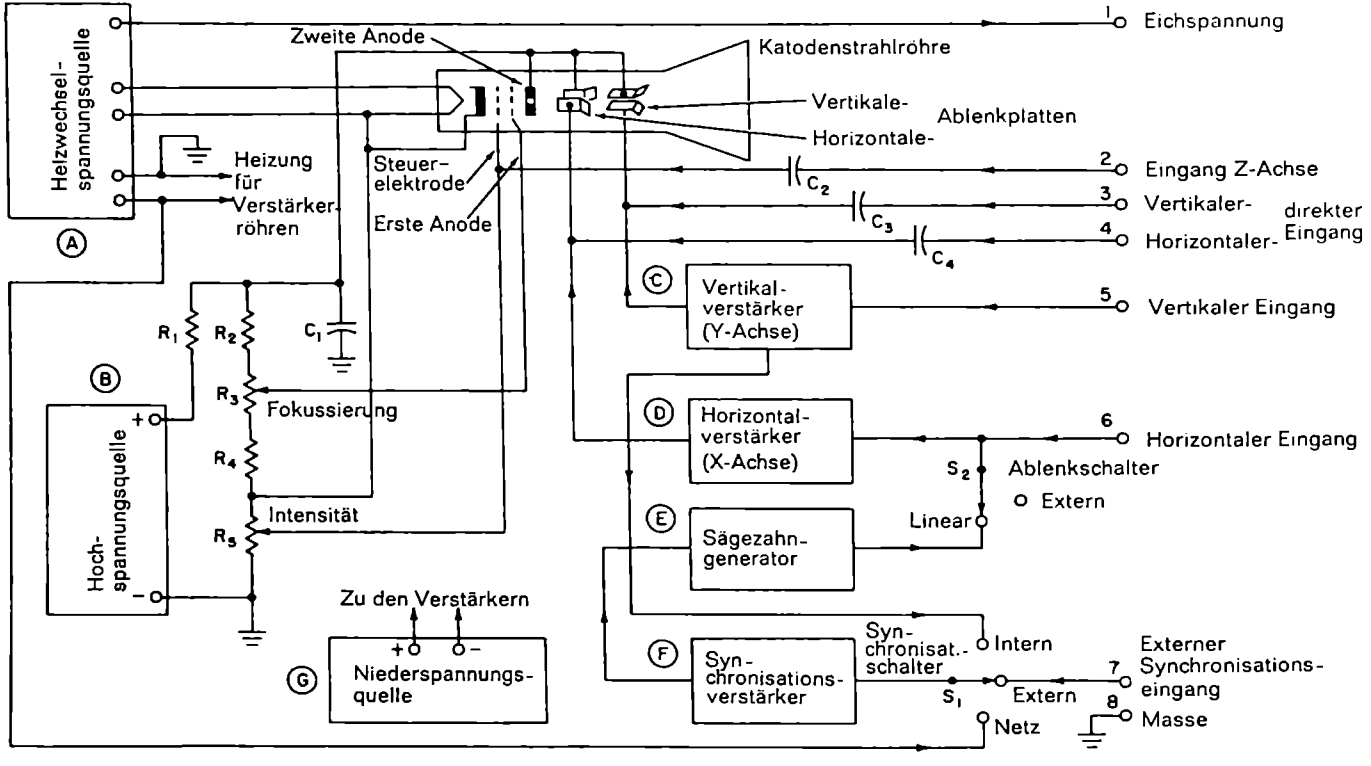


Bild 8: Blockschaltbild eines Oszillografen

Gegentaktverstärkern gespeist. Der Niederspannungsteil liefert die Gleichspannungen für die übrigen Verstärkerröhren. Dieser Teil ist oft mit dem Hochspannungsteil zusammengelegt.
Block C stellt den Vertikalverstärker dar, der uber eine Durchführung 5 an der Frontseite des Gerätes gespeist wird. Block D ist der Horizontalverstärker, der mit der Klemme 6 verbunden ist. E ist der Sägezahngenerator und F der Synchronisationsverstärker. Obwohl Klemme 8 als gemeinsamer Massepunkt gezeichnet ist, sind getrennte Massebuchsen für den horizontalen und vertikalen Eingang vorgesehen. Zu den Verstärkereingängen 5 und 6 sind zwei weitere Eingänge 3 und 4 vorgesehen, über die die Signalspannung direkt an die Ablenkplatten gelegt werden kann. Zur Intensitätsmodulation wird das Signal über den Anschluß 2 an die Steuerelektrode gegeben. Die Kondensatoren C 2, C 3 und C 4 sind zur Gleichstromtrennung vorgesehen.
Gewöhnlich ist der Schalter S 2 in Stellung „Linear". Mit diesem Schalter wird der Ausgang des Sägezahngenerators mit dem Eingang des Horizontalverstärkers verbunden. Wird mit externer Horizontalablenkung gearbeitet, kommt S 2 in Stellung „Extern". Die Synchronisation des Sägezahngenerators wird mittels S 1 eingestellt. In der Position „Extern" wird das Synchronisationssignal durch den Synchronisationsverstärker verstärkt und auf den Sägezahngenerator gegeben. In Stellung „Intern" von S 1 wird das zu messende Signal selbst zur Synchronisation verwendet. In der Stellung „Netz" wird eine kleine Spannung vom Netz zur Synchronisation verwendet.
Dieses vereinfachte Schaltbild zeigt nicht die Einstellmöglichkeiten für Verstärker, Zeitablenkung, Astigmatismus usw. Die Funktionen dieser Korrekturglieder werden im nächsten Kapitel beschrieben. Das Signal wird über die Klemme 5 an den Eingang des Vertikalverstärkers (Y-Verstärker) oder über Klemme 3 direkt an die vertikalen Ablenkplatten gegeben. Es kann ebenso über Klemme 6 an den Eingang des Horizontalverstärkers (X-Verstärker) gegeben werden, wobei S 2 in Stellung „Extern" steht, oder über Klemme 4 direkt die horizontalen Ablenkplatten erreichen.
Die Eichspannung wird durch Verbinden der Klemme 1 mit Klemme 5 an den Y-Verstärker und durch Verbinden von Klemme 1 mit 6 an den X-Verstärker gegeben.

2 Bedienungselemente des Oszillografen

Dieses Kapitel beschreibt die Funktionen der verschiedenen Bedienungs- und Einstellelemente. Diese kann man grundsätzlich in 2 Gruppen einteilen:

a) funktionelle Einstellungen (die für die Bedienung des Gerätes ständig gebraucht werden) und

b) Service-Einstellungen (werden nur beim Service eingestellt und sollen nicht vom Messenden betätigt werden), die in der Regel im Inneren des Gehäuses angebracht sind.

Die Einstellungen werden in der Reihenfolge beschrieben, in der sie beim Einschalten des Oszillografen betätigt werden.
Bild 9 zeigt die Ansicht eines Gerätes, wie es vielfach für einfachere Anwendungszwecke verwendet wird. Der Frequenzbereich des Y-Verstärkers geht von 0 bis 4,5 MHz.
Bild 10 benennt die Bedienungselemente von Bild 9 und ordnet sie den folgenden Abschnitten zu.

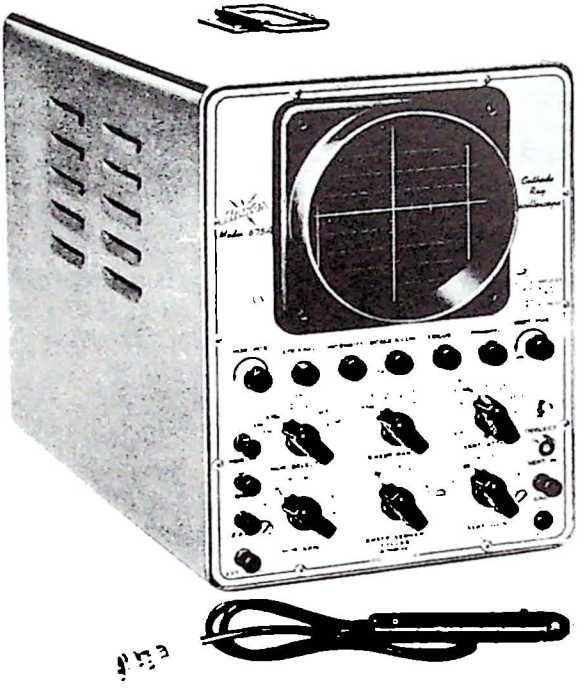


Bild 9:
Ansicht eines Breitband-Oszillografen. Im Vordergrund ist ein Tastkopf sichtbar

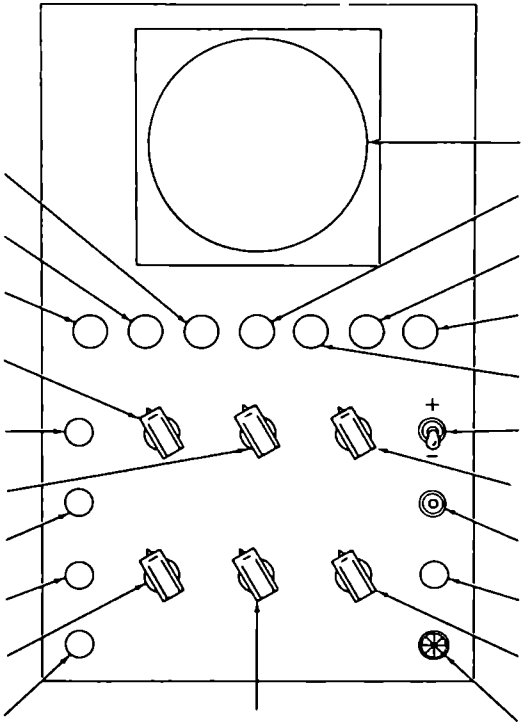


Bild 10:
Bedienungselemente des in Bild 9 gezeigten Oszillografen

2. 1. Schirmbeleuchtung

Das in vielen Geräten verwendete eingravierte Raster der Maske wird von der Seite her bestrahlt. Dadurch wird vor allem bei fotografischen Aufnahmen das Raster besser sichtbar. Mit dem an der Frontplatte angebrachten Einstellknopf wird die Helligkeit dieser Beleuchtung eingestellt.

2. 2. Intensität

Die Helligkeit des Leuchtfleckes wird mit diesem Einstellknopf reguliert. Sie kann in weiten Grenzen eingestellt werden. Es sollte jedoch eine hohe Intensität des Leuchtpunktes vermieden werden, wenn der Strahl längere Zeit nicht abgelenkt wird. Dadurch kann an dieser Stelle die Leuchtschicht verbrannt werden.

2. 3. Fokussierung

Mit diesem Drehknopf wird die Schärfe des Leuchtflecks am Schirm eingestellt.

2. 4. Horizontale Bildeinstellung

Damit kann der Leuchtfleck seitlich verschoben werden, um das Bild in die Mitte des Schirmes zu bekommen.

2. 5. Vertikale Bildeinstellung

Ähnlich der horizontalen Bildeinstellung wird hier der Leuchtfleck in vertikaler Richtung verschoben.

2. 6. Verstärkungswahl

Bei vielen Geräten wird der Eingang des X- und Y-Verstärkers durch einen Kondensator von den Eingangsklemmen getrennt. Mit diesem Schalter wird der Kondensator kurzgeschlossen oder im Leitungszug belassen.

2. 7. Polarität

Mit diesem Schalter wird die Richtung der vertikalen Ablenkung umgekehrt. In der Stellung „+" wird ein positives Eingangssignal nach oben und in der Stellung „—" nach unten geschrieben.

2. 8. Vertikale Verstärkungsregelung

Durch Verdrehen des Potentiometers wird die Verstärkung des Y-Verstärkers verändert, so daß bei gleichbleibendem Eingangssignal die gewünschte Größe des Schirmbildes in vertikaler Richtung eingestellt werden kann. Vielfach wird in Verbindung mit diesem Potentiometer eine Grobeinstellung der Verstärkung in Stufen angebracht.

2. 9. Horizontale Verstärkungsregelung

Hier wird ähnlich der vertikalen Verstärkungsregelung ebenfalls ein Potentiometer zur kontinuierlichen Feineinstellung und eine stufenweise Grobeinstellung verwendet.

2. 10. Wahl der Zeitablenkung

Mit diesem Wahlschalter wird die gewünschte Zeitablenkung eingestellt. In den einfachsten Fällen sind es drei Möglichkeiten
1. linearer Sägezahn,
2. externe Ablenkung und
3. Sinusablenkung mit der Netzfrequenz.

Bei besseren und größeren Geräten kommen die in 1.7. beschriebenen Möglichkeiten der Zeitablenkung noch dazu.

2. 11. Bereichswahl der Zeitablenkung

Dieser Bereichsschalter ermöglicht die Wahl des Frequenzbereiches des internen Sägezahngenerators. Typische Bereiche dafür sind 10—100 Hz, 100—1000 Hz, 1—10 kHz, 10—100 kHz und zum Teil noch darüber.
In Laborgeräten werden diese Bereiche meist nicht als Frequenzbereiche ausgeschrieben, sondern in Zeiteinheiten, z. B. Mikrosekunde, Millisekunde oder Sekunde pro cm Schirmauslenkung. Diese Zeitangaben sind in sehr vielen Fällen, besonders bei impulsförmigen Vorgängen, wichtiger als Frequenzwerte.

2. 12. Frequenzfeineinstellung der Zeitablenkung

Dieses Potentiometer ermöglicht eine kontinuierliche Änderung der Sägezahnfrequenz innerhalb des eingestellten Frequenzbereiches (2. 11.).

2. 13. Wahl der Synchronisation

Mit diesem Wahlschalter wird das Signal zur Synchronisation des Sägezahngenerators ausgewählt. Die Möglichkeiten sind:
1. + intern,
2. — intern,
3. Netzsynchronisation und
4. extern.

Im Fall 1 wird die positive Halbwelle des vertikalen Eingangssignales und im Fall 2 die negative Halbwelle zur Synchronisation verwendet. Im Fall 3 wird eine kleine Spannung aus der Stromversorgung des Gerätes benutzt. Und im Fall 4 wird ein externes Signal zur Synchronisation verwendet.

2. 14. Einstellung der Synchronisationsspannung

Durch dieses Potentiometer wird die Verstärkung des eingebauten Synchronisationsverstärkers verändert

und damit die Amplitude der Synchronisationsspannung für den Sägezahngenerator.

2. 15. Phasenkorrektur

Dieses Potentiometer ist ein Teil eines RC-Netzwerkes und ändert die Phase der für die Zeitablenkung verwendeten Netzfrequenz. Diese Einstellung ist besonders wichtig bei der Aufzeichnung von Durchlaßkurven oder Schwingkreisen, wenn ein Wobbelsender verwendet wird. Die Einstellung ist richtig, wenn dabei nur eine einzige, stabile Kurve beschrieben wird. Im anderen Fall werden zwei Kurven sichtbar.

2. 16. Verstärkungsregelung für die Intensitätsmodulation

Damit kann die Spannung zur Intensitätsmodulation kontinuierlich soweit geregelt werden, daß sowohl volle Intensität während der positiven Halbwellen, als auch vollkommene Dunkelheit während der negativen Halbwellen erreicht wird.

2. 17. Eichspannungsgeber

Die Eichspannung wird im einfachsten Fall intern von der Netzspannung gewonnen und z. B. auf genau 1 V_{ss} eingestellt. Mit dem Eichspannungspotentiometer läßt sich diese Spannung von Null bis zum vollen Wert kontinuierlich einstellen. In den meisten Fällen wird jedoch für die Eichspannung eine Rechteckspannung mit einer Frequenz von 1 kHz verwendet.
Bei größeren Geräten wird dieses Potentiometer im Zusammenhang mit einem Stufenschalter verwendet. Das Potentiometer ermöglicht eine Feineinstellung und der Stufenschalter multipliziert dann den mit diesem Potentiometer eingestellten Wert, z. B. ×0,001; ×0,01; ×0,1; ×1; ×10.

2. 18. Zeitdehnung

Mit diesem Schalter wird die horizontale Ablenkung gedehnt, so daß zur besseren Sichtbarmachung eines Details nur ein Teil auf dem Schirm vergrößert erscheint. Dies wird durch Vergrößern der Ablenkperiode erreicht. Als Teilung des Schalters wird der jeweilge Multiplikationswert angegeben, wie z. B. ×1; ×5.

2. 19. Service-Einstellungen

Zu den oben genannten Einstellmöglichkeiten gibt es noch weitere, welche zur optimalen Einstellung der jeweiligen Funktionseinheit vorgesehen sind. Diese Einstellungen werden während der Eichung des Gerätes vorgenommen und erfordern keine weitere Nachstellung, mit Ausnahme bei Reparaturen und beim Service. Deshalb sind diese Stellen innerhalb der Geräte.

3 Zusatzgeräte

Bei vielen Anwendungen wird der Oszillograf ohne äußere Zusatzgeräte verwendet. Oft ist es jedoch notwendig, die Eingangsgröße zu verändern, um ganz bestimmte Messungen durchzuführen. Zu diesem Zweck werden verschiedene Zusatzgeräte verwendet; sie sollen in den folgenden Abschnitten beschrieben werden.

3. 1. Warum spezielle Tastköpfe gebraucht werden

Bei Gleichstrom und niedrigen Frequenzen genügt es, wenn die Eingangsklemme des Oszillografen durch eine einfache Strippe mit dem Meßpunkt verbunden wird. Bei höheren Frequenzen oder wenn der Y-Verstärker das Signal sehr hoch verstärkt, können solche einfachen Verbindungen nicht mehr verwendet werden. Durch die Handkapazität können Störungen aufgenommen, die Amplitude des Signals verändert werden oder aber der Meßkreis wird durch die Eingangsimpedanz des Oszillografen unzulässig belastet. Zur Vermeidung bzw. Verkleinerung dieser Hand- und Streukapazitäten muß der Tastkopf und die Zuleitung sorgfältig abgeschirmt werden. Die Kapazität zwischen Leiter und Schirmung soll außerdem sehr klein sein. Zur Verringerung der Beeinflussung durch die Eingangsimpedanz des Oszillografen wird diese durch einen kapazitiven Teiler vergrößert.
Andere Tastköpfe wandeln das Signal in eine andere Meßgröße um, wie z. B. ein Spannungsteiler, der die Eingangsspannung auf eine geeignete Größe herunterteilt; ein Demodulator-Tastkopf, der die Modulation vom Träger trennt oder das HF-Signal gleichrichtet.

3. 2. Kapazitätsarmer Tastkopf

Dieser Tastkopf verringert die Eingangskapazität des Meßkreises und verursacht nur eine geringe Störung des zu messenden Objektes.
Bild 11 zeigt den Aufbau eines kapazitätsarmen Tastkopfes. Die Widerstände R 1 und R 2 sind gewöhnlich so gewählt, daß sich ein Teilungsverhältnis von 10 : 1 ergibt. Die Kapazität C parallel zu R 1 sowie die des

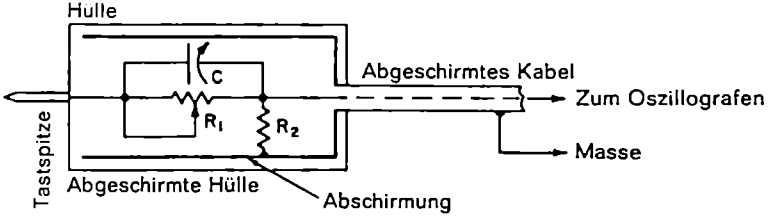


Bild 11: Kapazitätsarmer Tastkopf

Kabels plus der Eingangskapazität des Oszillografen parallel zu R 2 dienen zur Frequenzkompensation. Diese Anordnung gewährleistet eine frequenzunabhängige Teilung des Eingangssignals. Bei Verwendung eines solchen Teilers muß beachtet werden, daß die Amplitude des am Schirm sichtbar gemachten Signals nur ein Zehntel der wahren Amplitude beträgt.

3. 3. Hochspannungstastkopf

Zur Messung einer Hochspannung muß diese verringert werden, so daß sie gefahrlos weiterverarbeitet werden kann. Ein solcher Tastkopf enthält einen einfachen Widerstandsteiler, wie es in Bild 12 gezeigt wird.
Die Widerstände sind wieder so gewählt, daß sie in Verbindung mit dem Eingangswiderstand des Y-Verstärkers ein Teilungsverhältnis von 10 : 1 oder 100 : 1 ergeben.

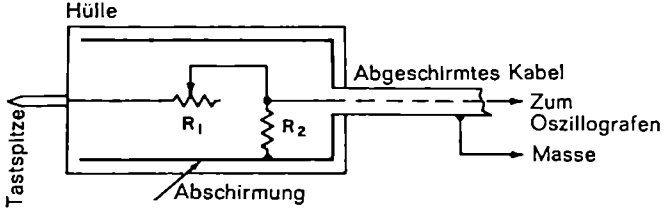


Bild 12: Tastkopf mit Widerstandsteilung

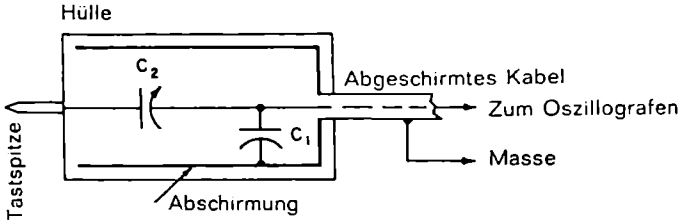


Bild 13: Tastkopf mit kapazitivem Spannungsteiler

3. 4. Tastkopf mit kapazitivem Spannungsteiler

In einigen Anwendungsfällen kann der in 3.3. beschriebene Tastkopf nicht verwendet werden, da er einen galvanischen Nebenschluß darstellt. Zur Vermeidung dieses Nebenschlusses wird ein kapazitiver Teiler angewandt.
Bild 13 zeigt den Aufbau eines solchen Tastkopfes, in dem die Kapazitäten C 1 und C 2 in Verbindung mit der Kabel- und Eingangskapazität des Y-Verstärkers die Teilung bewirken.

3. 5. Demodulator-Tastkopf

Um den niederfrequenten Anteil eines amplitudenmodulierten Signals zur Anzeige zu bringen, muß dieses Signal demoduliert werden. Dies wird mit einem Demodulator nach Bild 14 durchgeführt.

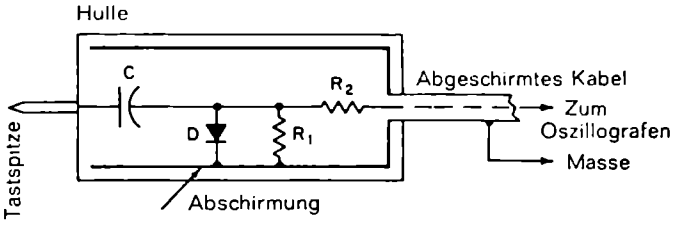


Bild 14: Demodulator-Tastkopf

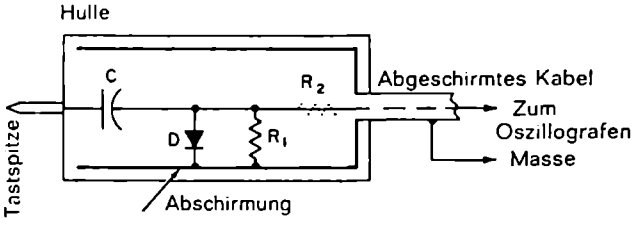


Bild 15: HF-Tastkopf

In diesem Tastkopf ist C eine kleine Kapazität, die eine mögliche Gleichspannung von der Diode fernhält. Der Gleichrichterkreis, gebildet von C, D und R 1, verursacht einen Spannungsabfall über R 1. Dieser Spannungsabfall besitzt die gleiche Form und Frequenz wie die Modulationsspannung und ist proportional dieser Amplitude. Mit R 2 wird der Eingangswiderstand des Meßkreises erhöht, um die Beeinflussung des Meßobjektes geringzuhalten.

3. 6. HF-Tastkopf

Soll eine HF-Spannung gemessen werden, deren Frequenz oberhalb der oberen Grenzfrequenz des Y-Verstärkers liegt, bedient man sich dieses Tastkopfes. Die HF-Spannung wird damit gleichgerichtet und am Schirm sichtbar gemacht.
Bild 15 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines solchen Tastkopfes, der ähnlich dem Demodulator-Tastkopf aufgebaut ist. Hier ist jedoch der Blockkondensator größer und besitzt Werte zwischen 0,02 und 0,05 µF. Ähnlich der in 3. 5. beschriebenen Wirkungsweise entsteht wieder über R 1 eine Gleichspannung, die der HF-Amplitude, minus des kleinen Spannungsabfalles an der Diode, proportional ist. Die zur Anzeige gebrachte Spannung ist daher die Spitzenspannung. Soll der Effektivwert angezeigt werden, wird ein Widerstand R 2 in Reihe zum Eingangswiderstand geschaltet, so daß ein Teilungsverhältnis von 0,707 erreicht wird.

3. 7. Eichspannungsgeber

Fur Spannungsmessungen muß die Auslenkung am Schirm geeicht werden. Wie in Abschnitt 2. 17. beschrieben, besitzen die meisten Oszillografen einen eingebauten Eichspannungsgeber. Dieser gewinnt die

Eichspannung aus dem Netz oder aus einem eigenen Rechteckgenerator. Ist im Gerät kein Eichspannungsgeber eingebaut, muß eine externe Spannungsquelle dafür verwendet werden.

Bild 16 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer solchen Eichspannungsquelle. Sie besteht im wesentlichen aus einem Spannungsteil, der eine geregelte Spannung von 100 V an R 1 abgibt. Mit R 1 wird die Spannung von 0 bis 100 V kontinuierlich abgegriffen und auf einen Spannungsteiler gegeben. Dieser ist so ausgelegt, daß er die von R 1 abgenommene Spannung um einen konstanten Faktor teilt (Multiplikationsfaktor). Die abgegebene Spannung ergibt sich durch Multiplikation des Wertes von R 1, der in Volt geeicht ist, mit diesem Multiplikationsfaktor. Ist der Schalter S in der Stellung „Signal", wird das Eingangssignal ohne die Eichspannung auf den Eingang des Oszillografen gegeben. Damit kann zum Vergleich entweder die Eichspannung oder aber das Signal am Schirm angezeigt werden.
Ähnlich wie diese Gleichspannungsquelle kann auch eine Wechselspannungsquelle zur Eichung verwendet werden. Bei dieser Spannungsquelle, die genau wie die Gleichspannungsquelle aufgebaut ist, liefert der Spannungsteil anstelle einer Gleichspannung meist eine Rechteckspannung. Die Spannungsangabe bezieht sich dabei auf den Wert von Spitze zu Spitze (V_{ss}).

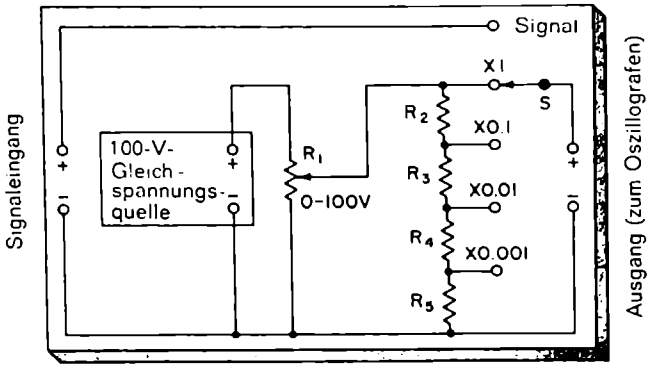


Bild 16: Eichgerät für Gleichspannungen

3. 8. Frequenz- bzw. Zeiteichung

Verschiedene Oszillografen besitzen eine intern erzeugte Eichfrequenz, mit der die Zeitachse geeicht werden kann. Es ist entweder eine Sinus- oder Rechteckspannung mit genau eingehaltener Frequenz. Diese Spannung wird auf den Y-Verstärker gegeben und dabei die Zeitablenkung und die Synchronisation so eingestellt, daß am Schirm nur ein einziger, stehender Schwingungszug angezeigt wird. Meist verwendete Frequenzen sind 1000 Hz [1 Schwingung = 1 Millisekunde (ms)], 100 kHz [1 Schwingung = 10 Mikrosekunden (µs)] und 1 MHz [1 Schwingung = 1 µs].

3. 9. Elektronischer Schalter

Dieser „Schalter" ermöglicht die gleichzeitige Anzeige zweier oder mehrerer Signale mit einem Einstrahloszillografen.

Bild 17 zeigt die Grundschaltung eines solchen Schalters. In diesem Schaltbild sind V 1 und V 2 Verstärkerröhren und V 3 sowie V 4 Schaltröhren. (So genannt wegen ihrer Funktion.) Das Signal Nr. 1 wird über das Potentiometer R 1 an den Verstärker V 1 gegeben. Für das Signal Nr. 2 gilt das Entsprechende. Der Rechteckgenerator sperrt nun abwechselnd die Röhren V 3 und V 4. Ist die Röhre V 3 gesperrt, so ist V 4 geöffnet, d. h. das Signal Nr. 2 gelangt verstärkt an den Ausgang des Schalters und umgekehrt. Ist die Schaltfrequenz des Rechteckgenerators sehr viel höher als die Signalfrequenz, wird abwechselnd für kurze Zeit Signal Nr. 1 und Nr. 2 an den Y-Eingang des Oszillografen gelegt und am Schirm geschrieben.

Bild 18 zeigt typische Bilder, die man mit dem elektronischen Schalter erhält. Der jeweilige Kurvenzug setzt sich aus lauter kleinen Segmenten zusammen, die den einzelnen Schaltintervallen entsprechen. Ist die Schaltfrequenz hoch genug, werden die Segmente so klein, daß für das Auge ein durchgehender Kurvenzug sichtbar wird. Die Position der einzelnen Signale am Schirm kann mit Hilfe des Potentiometers R 5 so eingestellt werden, wie es für die Ablesung oder den Vergleich

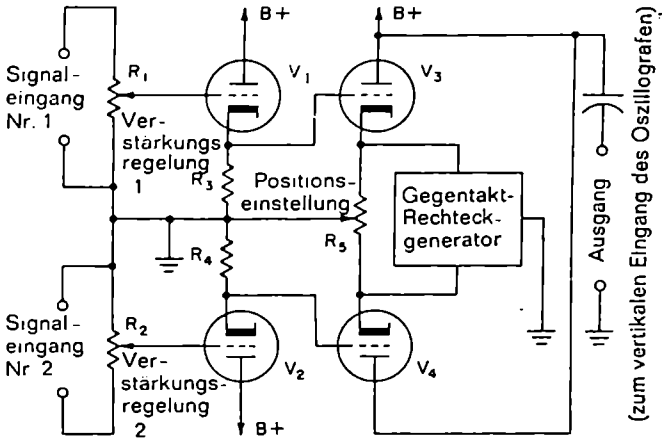


Bild 17: Prinzipschaltung eines elektronischen Schalters

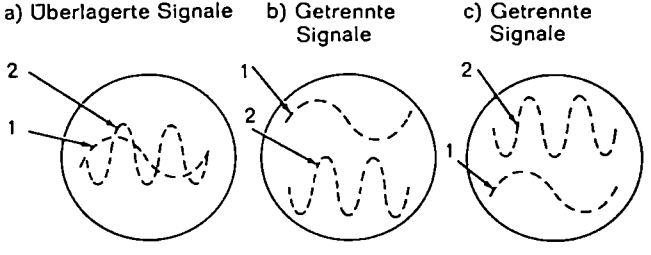


Bild 18:
Schirmbilder, die mit elektronischen Schaltern erhalten werden

der beiden Signale am günstigsten ist. Die Amplitude der beiden Signale wird mit R 1 bzw. R 2 eingestellt.

3. 10. Externe Verstärker

Obwohl in Oszillografen Verstärker mit hoher Verstärkung verwendet werden, ist es für sehr kleine Signale oft notwendig, diese außerhalb des Oszillografen noch zu verstärken.
Dieser Zusatzverstärker muß die erforderliche Verstärkung sowie den gleichen Frequenzgang aufweisen wie der im Oszillografen verwendete. Dieser Verstärker soll mit einer möglichst kurzen und abgeschirmten Leitung mit dem Oszillografen verbunden werden, um mögliche Störungen klein zu halten.

4 Inbetriebnahme des Oszillografen

Dieses Kapitel widmet sich praktischen Ratschlägen bei der Benutzung von Oszillografen, und der Leser sollte sich die hier gegebenen Ratschläge zueigen machen.

4. 1. Wie ein Oszillograf in Betrieb genommen wird

Da auch ein kleiner Oszillograf recht teuer ist, sollte der Benutzer alle Vorsichtsmaßnahmen ergreifen, um den Oszillografen und das zu untersuchende Objekt vor einer Beschädigung zu schützen.
Reihenfolge der Einstellungen bei der Inbetriebnahme.

1. *Netzschalter in Stellung „Aus".*
2. *Drehe Intensität, Fokus, Verstärkung und Synchronisation ganz zurück.*
3. *Schalte interne Zeitablenkung aus.*
4. *Stelle Wahlschalter für Zeitablenkung auf „Extern".*
5. *Drehe horizontale und vertikale Bildeinstellung in die Mitte.*
6. *Verbinde den Oszillografen mit dem Netz.*
7. *Netzschalter in Stellung „Ein".*

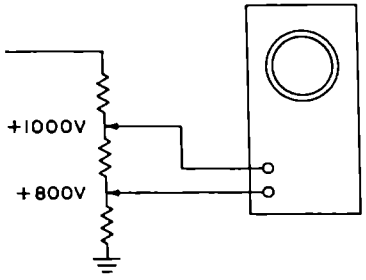
8. *Nach einer Anlaufzeit von ca. 1 Minute erhöhe die Intensität, bis der Leuchtfleck am Schirm erscheint Zur Vermeidung eines Brennfleckes soll mit geringster Intensität gearbeitet werden. Wird der Leuchtfleck nicht sichtbar, ist er wahrscheinlich außerhalb des Schirmes — verstelle die Bildeinstellung, bis er sichtbar wird.*
9. *Fokussiere den Leuchtfleck solange, bis er ganz klein und scharf wird.*
10. *Stelle den Leuchtfleck mit der Bildeinstellung in die Mitte des Leuchtschirmes.*
11. *Stelle Wahlschalter für Zeitablenkung auf „Intern". (Linear)*
12. *Schalte interne Zeitablenkung ein und stelle die Sägezahnfrequenz auf über 100 Hz ein.*
13. *Drehe horizontale Verstärkung auf, so daß der Leuchtfleck über die ganze Schirmbreite abgelenkt wird.*
14. *Schalte Zeitablenkung aus und drehe Verstärkung zurück.*
15. *Drehe horizontale Verstärkung ungefähr halb auf.*
16. *Berühre die Eingangsbuchse mit der Hand; durch diese Störung wird der Leuchtfleck abgelenkt und ergibt eine vertikale Linie.*
17. *Drehe vertikale Verstärkung wieder zurück.*
18. *Schalte interne Zeitablenkung ein und drehe horizontale Verstärkung auf, so daß wieder eine horizontale Linie erscheint.*
19. *Verbinde den gewählten Tastkopf mit dem Y-Eingang.*
20. *Nun ist der Oszillograf richtig eingestellt und die Verbindung mit dem Meßobjekt kann hergestellt werden.*

Bei verschiedenen Geraten kann die Anlaufzeit unter Punkt 8 länger als 1 Minute sein und bis zu 5 Minuten betragen. Auch ist manchmal ein „Weglaufen" der Verstärkung zu beobachten. In solchen Fällen muß die Anlaufzeit oft bis zu ein oder zwei Stunden ausgedehnt werden.

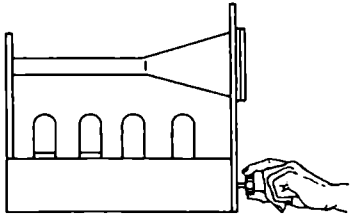
4. 2. Vorsichtsmaßnahmen

Bestimmte, unten aufgeführte Vorsichtsmaßnahmen, sollen bei der Benutzung von Oszillografen getroffen werden:

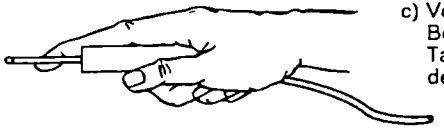
1. Die vom Hersteller mitgelieferte Bedienungsanleitung soll vorher durchgelesen werden.
2. Das Gerät sollte immer so in Betrieb genommen werden, wie es in Abschnitt 4. 1. beschrieben worden ist. Die Verbindung vom Oszillografen zum Meßobjekt soll nicht hergestellt werden, bis diese Punkte ausgeführt sind.
3. Schalte die Stromversorgung des Meßobjektes aus, bis alle Verbindungen zum Oszillografen hergestellt sind.



a) Vorsicht!
Das Gehäuse des Oszillografen liegt gegenüber Masse auf 800 V



b) Vorsicht!
Arbeite nicht mit geöffnetem Oszillografen



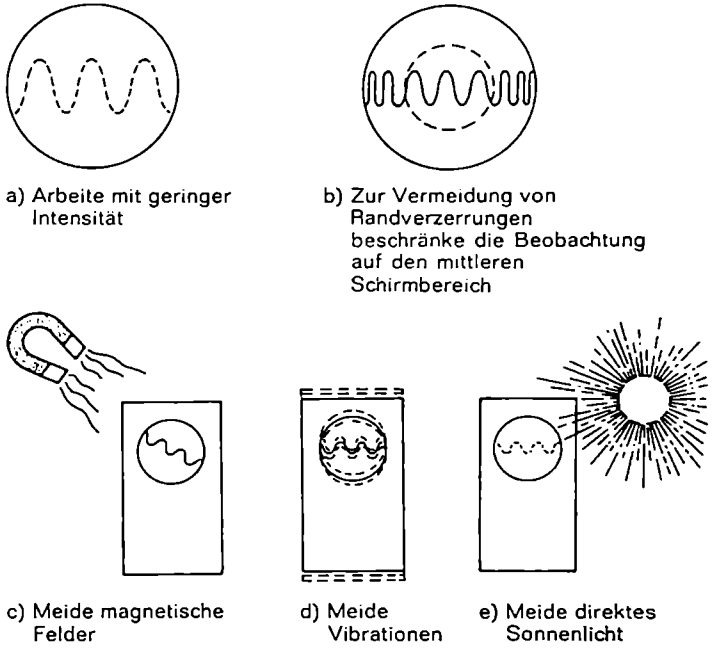
c) Vorsicht!
Berühre die Tastspitze nicht mit dem Finger

Bild 19: Vorsichtsmaßnahmen bei Messungen mit Oszillografen

4. Arbeite mit geringer Intensität, so daß noch gut abgelesen oder fotografiert werden kann. Arbeite mit dem Oszillografen nicht bei sehr hellen Lichtverhältnissen.
5. Der Leuchtfleck soll am Schirm möglichst immer abgelenkt werden. Muß er jedoch an einer Stelle bleiben, sollte die Intensität möglichst weit zurückgedreht werden, um ein Verbrennen des Schirmes an dieser Stelle zu vermeiden.
6. Wird eine Katodenstrahlröhre mit ebenem Schirm verwendet, sollen alle Messungen möglichst in der Mitte des Schirmes vorgenommen werden, da am Rande Verzerrungen auftreten und das Meßergebnis verfälschen.
7. Verbinde immer den Masseanschluß des Oszillografen mit Masse oder mit dem Punkt niedrigsten Potentials im Meßobjekt. Diese Verbindung soll vor allen anderen durchgeführt werden. Die Trennung der Verbindungen erfolgt in umgekehrter Reihenfolge.
   Vorsicht: Liegt keiner der beiden Punkte des Meßobjektes auf Massepotential, wird das Gehäuse des Oszillografen eventuell mit einer hohen Spannung verbunden. Dadurch können gefährliche elektrische Schläge ausgeteilt werden.
8. Verwende nur abgeschirmte Tastköpfe und vermeide eine Berührung der Tastspitze mit dem Finger.
9. Trotz der Abschirmung der Katodenstrahlröhre soll-

ten keine starken magnetischen Felder in die Nähe gebracht werden. Solche Felder können den Elektronenstrahl beeinflussen.

10. Das Gerät soll nie mit einer höheren Netzspannung oder anderen Netzfrequenz betrieben werden als vom Hersteller angegeben.
11. Halte die Eingangssignalspannung unter dem angegebenen Grenzwert.
12. Der Oszillograf soll nicht ohne Gehäuseabdeckung in Betrieb genommen werden, da an vielen Punkten der Schaltung Hochspannung liegt. Die andere Gefahr besteht darin, daß die Katodenstrahlröhre verletzt wird und dadurch zur Implosion gebracht werden kann.
13. Beachte alle bekannten elektrischen Sicherheitsregeln beim Umgang mit Oszillografen.
14. Schütze das Gerät vor Stößen und Vibrationen.
15. Überzeuge dich, daß alle eingebauten Ventilatoren laufen.
16. Reinige die angebrachten Staubfilter regelmäßig.
17. Ersetze die Katodenstrahlröhre, wenn ein helles Bild nicht mehr erreicht werden kann oder wenn am Schirm Brennflecke vorhanden sind.
18. Die Reparatur und neuerliche Einstellung soll von einem erfahrenen Fachmann durchgeführt werden. Muß eine Service-Einstellung selbst vorgenommen werden, ist die Gerätebeschreibung genau durchzulesen.
19. Der Oszillograf ist kein Spielzeug und soll nicht als solches benutzt werden.



a) Arbeite mit geringer Intensität

b) Zur Vermeidung von Randverzerrungen beschränke die Beobachtung auf den mittleren Schirmbereich

c) Meide magnetische Felder

d) Meide Vibrationen

e) Meide direktes Sonnenlicht

Bild 20: Störeinflüsse

4. 3. Abhängigkeit zwischen Meßobjekt und Meßgerät

Um den größtmöglichen Nutzeffekt mit einem Oszillografen zu erreichen, ist es notwendig, daß der Benutzer mit dem Meßobjekt vertraut ist und ungefähr weiß, welche Spannungen, Frequenzen und Wellenformen an den einzelnen Meßpunkten vorkommen. Diese Kenntnis erlaubt die beste Einstellung der Funktionseinheiten im Oszillografen. Sind mehrere Oszillografen zur Auswahl vorhanden, soll der gewählt werden, der die größtmögliche Anzahl von Messungen an dem Meßobjekt ermöglicht. Soll z. B. ein Gerät gemessen bzw. untersucht werden, in dem sowohl Gleichspannungen als auch HF-Spannungen vorkommen, wird ein Breitbandoszillograf mit direkt gekoppeltem Verstärker und ein kapazitätsarmer Tastkopf verwendet. Es ist unsinnig, ein Signal von 2 MHz mit einem Oszillografen, der eine Bandbreite von 200 kHz besitzt, aufzunehmen.

5 Strom- und Spannungsmessungen

Eine Katodenstrahlröhre mit geeichtem Schirm ist prinzipiell ein elektrostatisches Voltmeter. Deshalb kann der Oszillograf direkt als Spannungsmesser und indirekt als Strommesser verwendet werden. Außerdem zeigt er im Gegensatz zu anderen Instrumenten die Wellenform, Frequenz und Phase eines Stromes oder einer Spannung an. Ein sehr großer Vorteil besteht darin, daß der Oszillograf sehr schnelle Vorgänge sichtbar machen bzw. messen kann. Werden oberwellenhaltige Signale mit in Effektivwert geeichten Spannungsmessern gemessen, ergibt sich durch die Abweichung des Signals von der Sinusform ein Meßfehler. Dieser Meßfehler wird durch Messung mit dem Oszillografen vermieden, wenn dieser als breitbandiger Spannungsmesser hoher Eingangsimpedanz verwendet wird.

Trotz dieser Möglichkeiten ist der Oszillograf kein Instrument für Präzisionsmessungen. Für genaue Messungen muß dieser durch andere Meßgeräte ersetzt werden. Der Vorteil dieses Gerätes besteht in der Breitbandigkeit, der praktisch trägheitslosen Anzeige und in der Sichtbarmachung elektrischer Vorgänge.

5. 1. Eichung des Schirmes

Bevor der Oszillograf für direkte Messungen verwendet werden kann, muß der Schirm geeicht werden. Der Eichvorgang ist abhängig von dem verwendeten Gerät und von der zur Verfügung stehenden Eichspannungsquelle.

Im folgenden werden die einzelnen durchzuführenden Schritte angegeben. Dabei sind unter Inbetriebnahme jene Schritte zu verstehen, wie sie in Abschnitt 4. 1. beschrieben sind.

Eichung mit interner Eichwechselspannung:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Verbinde Buchse „Eichspannung" mit „Vertikaler Eingang".*
3. *Drehe „Vertikale Verstärkung" bis zur gewünschten Bildgröße auf.*
4. *Stelle Synchronisationswahlschalter auf „Intern".*
5. *Stelle die Zeitablenkfrequenz so ein, daß mehrere Perioden sichtbar werden.*
6. *Verändere die horizontale Verstärkung so lange, bis die gewünschte Bildbreite erreicht ist.*
7. *Verändere die vertikale Verstärkung so lange, bis die Spitzen der negativen und positiven Halbwellen mit geeigneten Marken am Schirm übereinstimmen.*

Damit ist das Gerät geeicht. Meist beträgt die Eichspannung 1 V_{ss}, somit entspricht der vertikale Abstand der beiden Spitzen einer Spannung von 1 V Spitze-

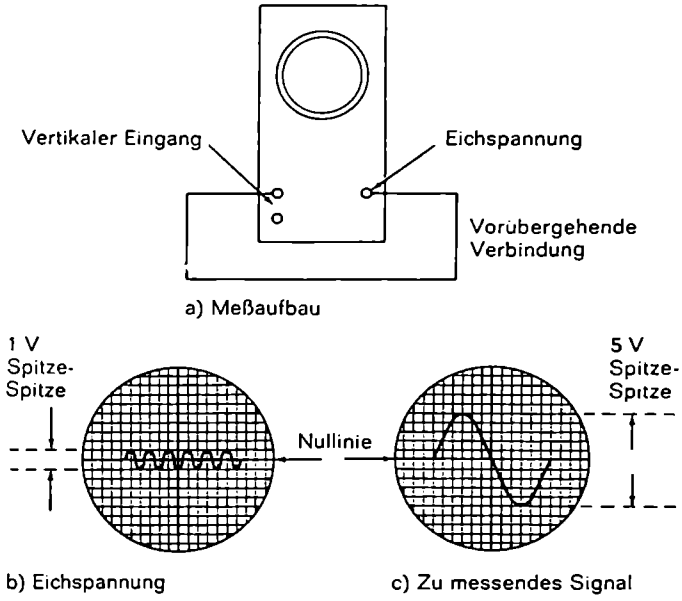


Bild 21: Eichung mit interner Eichspannung

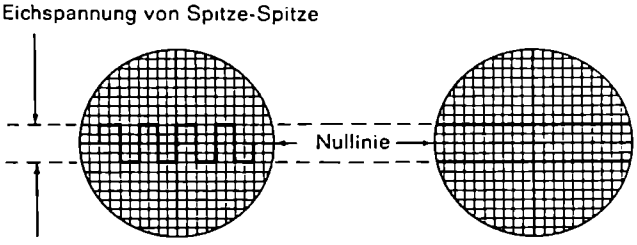
Spitze. Ist ein vertikaler Abschwächer vorhanden, muß die Anzeige mit dem eingestellten Wert des Abschwächers multipliziert werden, z. B. ×0,1; ×1; ×10 usw. Einige Geräte führen die Eichspannung nicht an eine Buchse, sondern verbinden sie innerhalb des Gerätes mit dem vertikalen Verstärker.

Die vertikale Verstärkung kann so weit geändert werden, daß sich die Anzeige über eine beliebige Höhe des Schirmes erstreckt. Ist z. B. die Verstärkung so eingestellt, daß sich bei einer Eichspannung von 1 V_{ss} eine Ablenkung von jeweils einer Maßstabseinheit ober- und unterhalb der Nullinie ergibt (Bild 21b), so entspricht eine Einheit des Maßstabes einer Spannung von 0,5 V. Ergibt eine Meßspannung eine Ablenkung über 10 Einheiten von Spitze zu Spitze, so beträgt die Spannung dieses Signals $10 \times 0{,}5 = 5\ V_{ss}$.

Wird die interne Zeitablenkung abgeschaltet, wird anstelle des Kurvenzuges nur ein senkrechter Strich zur Anzeige gebracht. Die Länge dieses Striches ist dabei proportional der angelegten Spannung.

Professionelle Oszillografen besitzen einen eingebauten Rechteckgenerator als Eichspannungsgeber. Dabei wird die Eichspannung nicht nach außen an eine Klemme geführt, sondern innerhalb des Gerätes verbunden. In diesem Fall sind für die Eichung folgende Einstellungen notwendig:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Stelle den vertikalen Bereichswahlschalter auf „Eichen".*
3. *Schalte Eichspannung ein.*
4. *Stelle die Zeitablenkung auf eine kleinere Frequenz als die der Eichspannung.*
5. *Drehe die vertikale Verstärkung bis zur gewünschten Bildhöhe auf.*



a) Zeitablenkfrequenz = 1/4 der Frequenz der Eichspannung

b) Zeitablenkfrequenz sehr viel niedriger als die der Eichspannung

Bild 22: Schirmbilder mit interner Eichspannung

6. *Stelle den Eichspannungsregler so ein, daß die Amplituden mit einer geeigneten Skalenteilung übereinstimmen.*
7. *Stelle Synchronisationswahlschalter auf „Intern" und synchronisiere das Bild, bis es am Schirm stehenbleibt.*
8. *Lese die Spannung von Spitze zu Spitze auf der Skala des Eichspannungsreglers ab.*

In Bild 22 wurde die Eichspannung so eingestellt, daß sich eine Ablenkung von 2 Maßstabseinheiten ober- und unterhalb der Nullinie ergab. Liest man z. B. eine Spannung von 4 V_{ss} am Eichspannungsregler ab, so entspricht eine Einheit am Schirm einer Spannung von 1 V. Je nach Wahl der Zeitablenkfrequenz werden eine

oder mehrere Perioden der Rechteckspannung am Schirm angezeigt. Ist die Zeitablenkfrequenz sehr viel kleiner als die der Eichspannung, verschwinden die vertikalen Linien des Impulses und die Impulsdächer werden durch zwei horizontale Linien angezeigt. Ist die interne Ablenkung abgeschaltet, wird wieder nur eine vertikale Linie angezeigt, deren Länge proportional der angelegten Spannung ist.

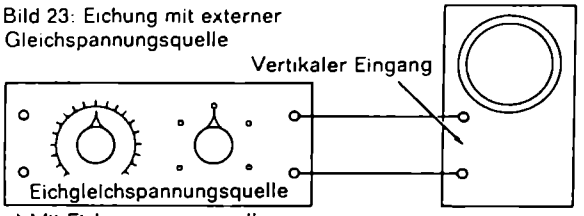
Wird die Rechteckspannung an den Vertikalverstärker gegeben, so entspricht eine Auslenkung über die Nullinie einer positiven Spannung und eine Auslenkung unter die Nullinie einer negativen Spannung. Jede dieser Spannungen ist gleich der Spitzenspannung (1/2 der Spannung Spitze-Spitze), die am Eichspannungsregler angegeben ist. Ist im Oszillografen keine Eichspannung vorhanden, muß eine externe Spannungsquelle verwendet werden. Geeignete Spannungsquellen wurden in Abschnitt 3. 7. und 3. 8. beschrieben.

Eichung mit externer Spannungsquelle.

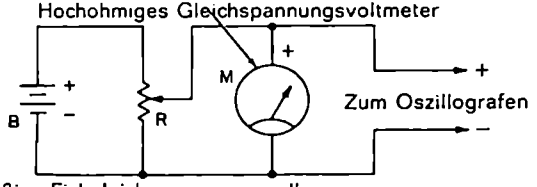
a) Eichung mit Gleichspannung.

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen mit Gleichspannungseingang.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung aus.*
3. *Verbinde die Spannungsquelle mit dem Oszillografen (Bild 23 a).*
4. *Stelle die gewünschte Eichspannung ein.*

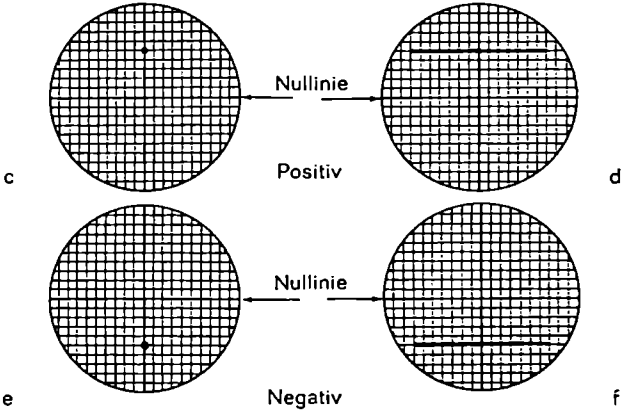
Bild 23: Eichung mit externer Gleichspannungsquelle



a) Mit Eichspannungsquelle



b) Behelfsmäßige Eichgleichspannungsquelle



5. *Verändere die vertikale Verstärkung soweit, daß die Auslenkung eine geeignete Zahl von Maßstabseinheiten erreicht (Bild 23 c).*
6. *Vertausche die Anschlüsse zum Oszillografen. Die Auslenkung unter die Nullinie ist gleich groß wie in Bild 23 c, entspricht aber einer negativen Spannung (Bild 23 e).*
7. *Wenn die interne Ablenkung eingeschaltet ist, wird eine horizontale Linie oberhalb oder unterhalb der Nullinie geschrieben, jenachdem, ob es sich um eine positive oder negative Spannung handelt (Bild 23 d und f).*

Steht ein Eichspannungsgeber nicht zur Verfügung, kann dieser durch eine Anordnung nach Bild 23 b ersetzt werden. Darin wird die Spannung mit dem Potentiometer R eingestellt und mit einem hochohmigen Spannungsmesser gemessen.

b) Eichung mit Wechselspannung.

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung ein.*
3. *Verbinde den Eichspannungsgeber mit dem Oszillografen nach Bild 24 a.*
4. *Stelle die gewünschte Spannung ein.*
5. *Verändere die vertikale Verstärkung so, daß der Kurvenzug zwischen zwei geeigneten Skalenwerten zu stehen kommt.*

Steht ein solcher Spannungsgeber nicht zur Verfügung, kann ähnlich der Gleichspannungseichung, ein solcher durch die Schaltung von Bild 24 b ersetzt werden.

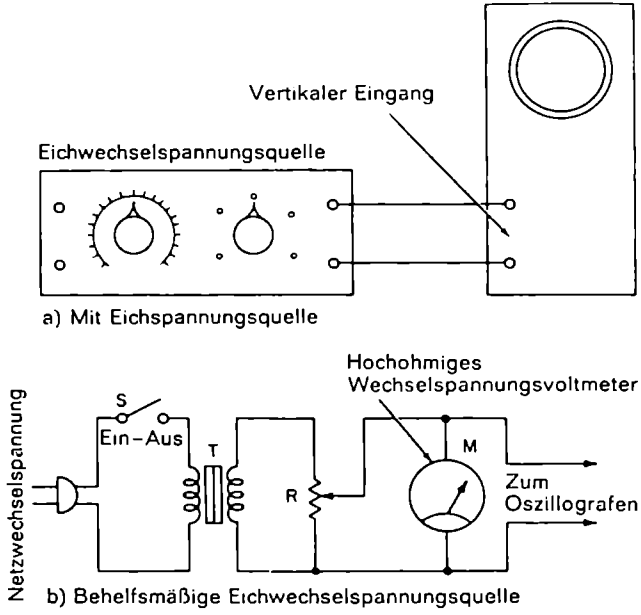


Bild 24: Eichung mit externer Wechselspannungsquelle

5. 2. Direkte Spannungsmessung

Zur direkten Spannungsmessung muß die Ablenkung am Schirm geeicht sein, wie es in dem vorangegangenen Abschnitt beschrieben wurde.

a) Messung einer Wechselspannung.

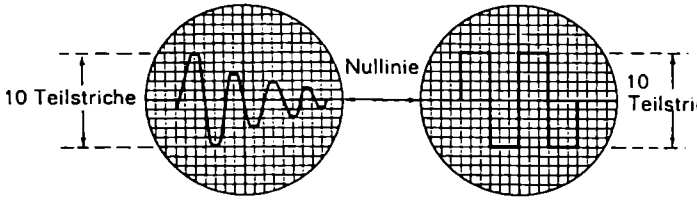
1. *Inbetriebnahme des geeichten Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung ein.*
3. *Stelle Synchronisationsschalter auf „Intern".*
4. *Die vertikale Verstärkung wird auf denselben Wert wie bei der Eichung gebracht.*
5. *Verbinde den vertikalen Eingang mit der Meßstelle.*
6. *Stelle eine solche Zeitablenkfrequenz ein, daß am Schirm mehrere Perioden sichtbar werden.*
7. *Drehe die horizontale Verstärkung so weit auf, daß das Bild die gewünschte Breite erhält.*
8. *Zähle die Maßstabseinheiten am Schirm zwischen der positiven und negativen Spitze.*
9. *Bestimme die Spannung durch Multiplikation der Einheiten mit dem Maßstabsfaktor, z. B. 1 V pro cm. Dies ergibt den Wert der gemessenen Spannung von Spitze zu Spitze.*
10. *Ist die Spannung sinusförmig, erhält man durch Multiplikation dieses Wertes mit 0,5 den Spitzenwert, durch Multiplikation mit 0,3535 den Effektivwert und durch Multiplikation mit 0,318 den arithmetischen Mittelwert.*
11. *Wird ein kapazitätsarmer Tastkopf verwendet, muß der angezeigte Wert noch mit dem Teilungsverhältnis des Tastkopfes multipliziert werden.*

Die Messung von Gleichspannungen wird genauso durchgeführt wie die von Wechselspannungen. Dabei wird nur der Verstärker mit dem Wahlschalter auf Gleichspannungsbetrieb umgeschaltet.

5. 3. Spannungsmessung durch Vergleich

Der Vorteil dieser Methode ist der, daß der Schirm vorher nicht geeicht zu werden braucht und die vertikale Verstärkung beliebig eingestellt werden kann. Es kann sowohl ein interner als auch ein externer Gleichspannungsgeber verwendet werden.

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Stelle Synchronisationswahlschalter auf „Intern".*
3. *Gebe das Signal auf den vertikalen Eingang.*
4. *Stelle die Zeitablenkfrequenz so ein, daß mehrere Perioden geschrieben werden.*
5. *Synchronisiere das Bild.*
6. *Stelle die vertikale Verstärkung für gewünschte Höhe und die horizontale Verstärkung für gewünschte Breite des Bildes ein.*
7. *Merke die Auslenkung von Spitze zu Spitze.*
8. *Schalte die Eichspannung ein, ohne die Verstärkung zu verändern. Dadurch wird die Signalspannung von den Ablenkplatten abgeschaltet und die Eichspannung angelegt.*
9. *Verändere die Eichspannung so lange, bis die gleiche Auslenkung erzielt wird.*
10. *Lese die eingestellte Spannung (Spitze-Spitze) vom Eichspannungsgeber ab.*



a) Signal

b) Eichspannung – auf den gleichen Wert wie das Signal eingestellt

Bild 25: Der Vergleich des Signals mit der Eichspannung

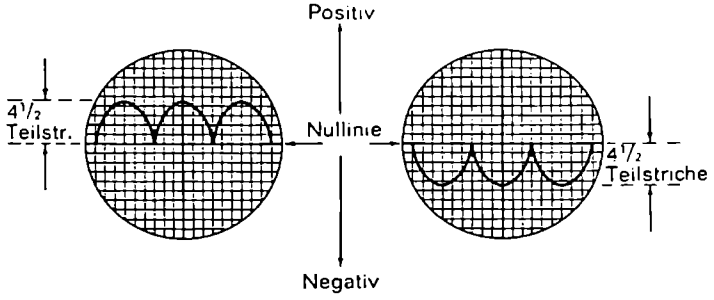


Bild 26: Pulsierende Spannung

Bild 25 zeigt, wie auf diese Art die beiden Spannungen verglichen werden. In der Abbildung 25 a wird eine gedämpfte Schwingung gezeigt, deren maximale Amplitude gemessen werden soll. Die maximale Auslenkung beträgt 10 Teilstriche. Nachdem die Eichspannung angelegt wurde, wird diese solange geändert, bis sie die gleiche Auslenkung verursacht.
Werden Gleichspannungen gemessen, kann die Anzeige der Signalspannung und auch der Eichspannung durch einen abgelenkten Punkt oder eine abgelenkte horizontale Linie erfolgen (Bild 23).

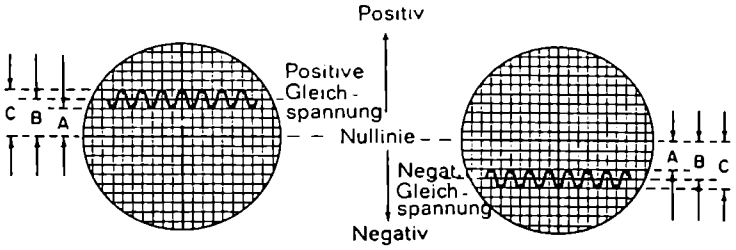
5. 4. Messung pulsierender Spannungen

a) Direkte Messung.
Diese Messung wird entsprechend 5. 2. durchgeführt, wobei jetzt, entsprechend Bild 26, der abgelesene Wert die Spitzenspannung angibt und nicht die Spannung von Spitze zu Spitze.

b) Indirekte Messung.
Bei dieser Messung wird ein Eichspannungsgeber verwendet, wie es in Abschnitt 5. 3. beschrieben wurde. Die Messung erfolgt wieder durch den Vergleich der beiden Spannungen.

5. 5. Messung von überlagerten Spannungen

Man erhält eine solche Spannung z. B. durch Überlagerung einer Gleichspannung mit einer Wechselspannung. Ein Beispiel dafür ist die Anodengleichspannung einer Verstärkerröhre, die mit einer HF-Spannung überlagert ist. Bild 27 zeigt Ablenkungen, wie sie mit solchen über-



a) Positive Gleichspannung b) Negative Gleichspannung

Bild 27: Überlagerte Spannungen

lagerten Spannungen erreicht werden. In Bild 27 a verursacht die positive Gleichspannung eine Auslenkung von der Nullinie bis zur 4. Linie nach oben. Diese Spannung wird nun von der Wechselspannung überlagert, so daß sich eine resultierende Auslenkung zwischen der 3. und 5. Linie ergibt. Bild 27 b zeigt dieselben Verhältnisse, nur daß hier die Gleichspannung negativ ist.
Die Messung der einzelnen Spannungskomponenten erfolgt entweder mit der direkten oder mit der Vergleichsmethode. Entspricht z. B. in Bild 27 eine Teilung einer Spannung von 10 V, so ergibt sich für die Gleichspannung ein Wert von +40 V (Bild 27 a) und für die Wechselspannung ein solcher von 20 V_{ss}. In Bild 27 b beträgt die Gleichspannung —40 V und die Wechselspannung von 20 V_{ss} oszilliert um diesen Gleichspannungswert.

5. 6. Messung von Gleich- und Wechselströmen

Ströme können dadurch bestimmt werden, daß man den Spannungsabfall über einem genau bekannten Widerstand mißt, durch den der unbekannte Strom fließt. Der Strom ergibt sich aus der Beziehung I = U/R. Mit dem Oszillografen wird auf die gleiche Art verfahren, indem man die Spannung über dem Widerstand mißt.
Bild 28 zeigt die Schaltung für eine solche Strommessung. Zur Vereinfachung der Rechnung werden Widerstandswerte von z. B. 1; 10; 100 Ω usw. gewählt. Diese Widerstände müssen induktivitätsarm sein, um Meßfehler zu vermeiden und ihre Belastbarkeit muß größer sein als die Belastung durch den Meßstrom.

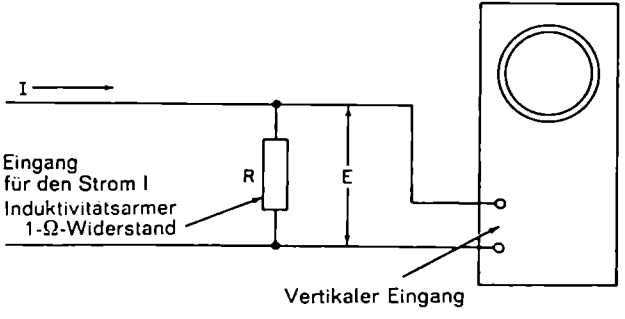


Bild 28: Messung von Strömen

Strommessung.

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schließe den 1-Ω-Widerstand so an, wie es in Bild 28 gezeigt ist.*
3. *Schicke den unbekannten Strom durch den Widerstand.*
4. *Messe den Spannungsabfall über dem Widerstand R.*
5. *Errechne den Strom nach der Beziehung $I = U/R$. Für den Wert von $R = 1\ \Omega$ wird $I = U$, wenn der Strom in Ampere und die Spannung in Volt eingesetzt werden.*

5. 7. Messung von überlagerten Strömen

1. *Messe den Spannungsabfall nach der Methode wie sie in Abschnitt 5. 5. angegeben ist. Bestimme erst den Anteil der Gleichspannung U_g und dann den Anteil der Wechselspannung U_w.*
2. *Errechne den Effektivwert der Wechselspannung (U_w).*
3. *Berechne den Gleichstrom I_g und Wechselstrom I_w getrennt.*

   $I_g = U_g/R$ $\qquad$ $I_w = U_w/R$
4. *Bestimme den Gesamtstrom (Effektivwert) nach der Formel*

   $I = \sqrt{I_g^2 + I_w^2}$

6 Frequenzmessungen und Frequenzvergleiche

Der Oszillograf ist bei Verwendung von Lissajous-Figuren ein empfindliches Frequenzmeßgerät. Die Messung ist einfach und die Ergebnisse zuverlassig. Innerhalb des Frequenzbereiches des Oszillografen können die Messungen mit jeder Frequenz durchgeführt werden. Signale mit genügend hoher Amplitude, die mit ihrer Frequenz außerhalb des Durchlaßbereiches der Verstärker liegen, können direkt an die Ablenkplatten gegeben werden.

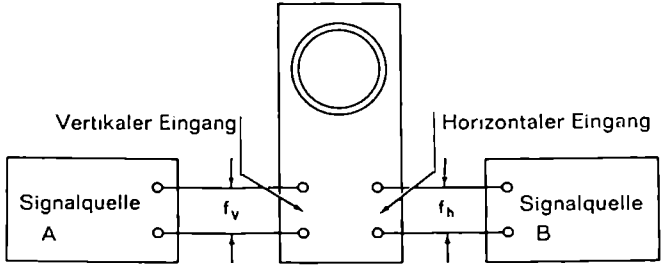


Bild 29: Meßaufbau für Frequenzmessungen

Dieses Kapitel beschreibt prinzipielle Methoden zur Frequenzmessung. Die ausgewählten Methoden sind abhängig von der Größe des Schirmes, vom Frequenznormal und vom Vorhandensein eines Einganges zur Intensitätsmodulation (Z-Achse).

6. 1. Verwendung von Lissajous-Figuren

Die Verwendung von Lissajous-Figuren ermöglicht den Vergleich einer Frequenz mit einer anderen. Die unbekannte Frequenz kann in Vielfachen einer bekannten Frequenz gemessen werden oder eine Frequenz wird solange geändert, bis sie mit einer anderen übereinstimmt.

Ein Signal wird an den horizontalen und das andere an den vertikalen Eingang des Oszillografen gegeben (Bild 29).

Jedes der beiden Signale kann entweder auf den X- oder Y-Eingang gelegt werden, doch wird meist das Signal mit der unbekannten Frequenz an den vertikalen Eingang gelegt. Im folgenden wird die unbekannte Frequenz mit f_v und die bekannte mit f_h bezeichnet.

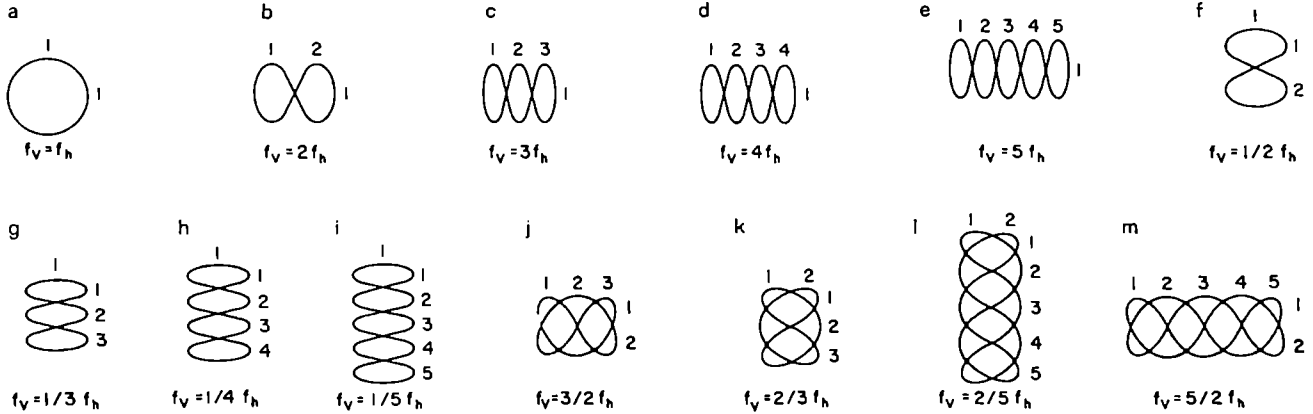


Bild 30: Typische Lissajous-Figuren

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Abschalten der internen Zeitablenkung.*
3. *Abschalten der Synchronisation.*
4. *Verbinde nach Bild 29 die beiden Signalquellen mit dem Oszillografen.*
5. *Drehe die horizontale und vertikale Verstärkung so weit auf, bis der Kurvenzug sichtbar wird.*
6. *Stelle die X- und Y-Verstärkung entsprechend der gewünschten Bildbreite und Höhe ein.*
7. *Während die Frequenz f_v konstant bleibt, wird f_h geändert. Dabei dreht sich der Kurvenzug in wechselnder Richtung und ändert ständig die Form.*
8. *Das Bild steht still, wenn die beiden Frequenzen in einem ganzzahligen Verhältnis zueinander stehen.*
9. *Ist $f_v = f_h$ steht das Bild und es erscheint entweder ein Kreis oder eine Ellipse (Bild 30 a).*
10. *Ist $f_v = 2f_h$, erscheint eine zweikreisige Figur (Bild 30 b).*

Zur Bestimmung der Frequenz aus den Lissajous-Figuren wird die Anzahl der Schleifen in horizontaler und vertikaler Richtung gezählt. Die Anzahl der horizontalen Schleifen benennt den Zähler, und die Anzahl der vertikalen Schleifen den Nenner eines Bruches zur Bestimmung der unbekannten Frequenz. Die unbekannte Frequenz ergibt sich durch Multiplikation dieses Bruches mit der bekannten Frequenz. In Bild 30 h sind nur eine horizontale Schleife und 4 vertikale Schleifen vorhanden. Damit errechnet sich die unbekannte Frequenz zu $f_v = {}^1/_4 f_h$. In Bild 30 sind mehrere solcher Lissajous-Figuren aufgezeigt und die jeweilige Anzahl der Schleifen angegeben. Die Anwendung solcher Lissajous-Figuren wird dadurch begrenzt, daß bei großen Frequenzunterschieden viele Schleifen gezeichnet werden und die Zählung immer schwieriger wird.

6. 2. Lissajous-Figuren mit kreisförmiger Grundlinie

Bild 31 zeigt eine Schaltung, die die Auswertung von Lissajous-Figuren mit größeren Schleifen ermöglicht. Die unbekannte Frequenz ergibt sich hier durch Multiplikation der bekannten Vergleichsfrequenz mit der Anzahl der auftretenden Spitzen bzw. Zähne.
In der Schaltung von Bild 31 erzeugt ein RC-Netzwerk zwischen dem horizontalen und vertikalen Eingang eine Phasenverschiebung von 90 °. Diese Phasenverschiebung ergibt am Schirm eine kreisförmige Kurve mit der bekannten Frequenz f_v. Dieser Ring wird nun von der unbekannten Frequenz moduliert (Bild 31 b). Sind die beiden Spannungen über dem Widerstand und der Kapazität nicht gleich groß, wird anstelle eines Kreises eine Ellipse geschrieben (Bild 31 c). Bei dieser Messung muß die unbekannte Frequenz höher als die bekannte und die Amplitude der unbekannten Frequenz kleiner als die der bekannten sein, um Fehler zu vermeiden. Sollen die beiden Spannungen über R und C

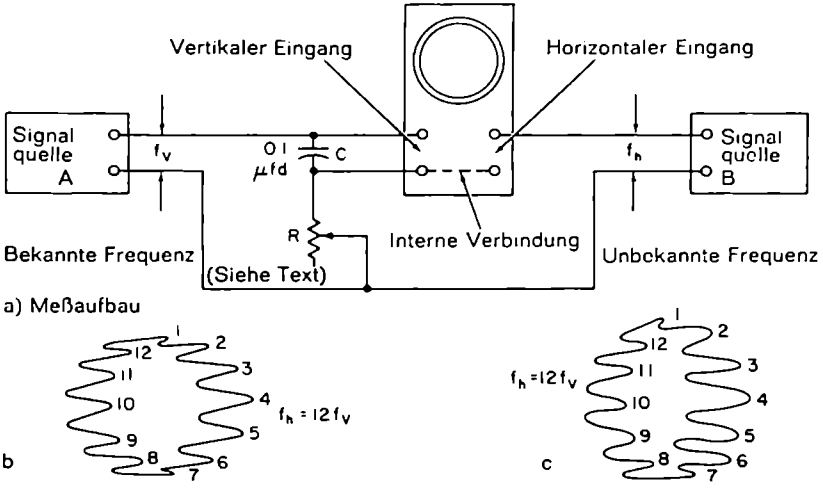


Bild 31:
Meßaufbau für die Messung mit kreisförmiger Grundlinie

gleich groß sein, muß der kapazitive Widerstand des 0,1-µF-Kondensators, bei der Frequenz f_v, gleich groß sein wie der Wert von R.

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung aus.*
3. *Schalte Synchronisation aus.*
4. *Stelle die Schaltung nach Bild 31 her und schalte vorerst die unbekannte Frequenz ab.*
5. *Schalte die bekannte Frequenz f_v ein (Signal A).*
6. *Verändere R bis ein Kreis am Schirm geschrieben wird.*
7. *Stelle die vertikale und horizontale Verstärkung so ein, daß der Kreis möglichst den ganzen Schirm ausfüllt.*
8. *Schalte die unbekannte Frequenz f_h ein (Signal B).*
9. *Stelle die bekannte Frequenz so ein, daß sich der Kreis nicht mehr dreht.*
10. *Verändere die Amplitude von f_h so, daß sich deutliche Spitzen am Ring ergeben.*

11. Zähle die Zahl der Spitzen am Ring.
12. Errechne die unbekannte Frequenz $f_h = n \times f_v$.
Ist f_h nicht ein ganzzahliges Vielfaches von f_v, dreht sich der Kreis entweder nach rechts oder nach links. Durch Änderung der bekannten Frequenz wird das Bild zum Stehen gebracht.

6. 3. Frequenzmessung mittels Helligkeitssteuerung und kreisförmiger Grundlinie

Wenn der Oszillograf einen Z-Eingang besitzt, wird der Kreis durch die unbekannte Frequenz in einzelne Segmente geteilt. Bild 32 b zeigt einen solchen Kreis. Hier werden entweder die hellen oder dunklen Segmente gezählt und die bekannte Frequenz mit dieser Zahl multipliziert. Das Ergebnis ist die unbekannte Frequenz. Wie bei der vorhergehenden Methode muß auch hier die unbekannte Frequenz höher als die bekannte sein.
Bild 32 zeigt die Meßschaltung. Die bekannte Frequenz f_s wird über ein RC-Netzwerk (90 ° Phasenverschiebung) auf den horizontalen und vertikalen Eingang gegeben. Dies ergibt wieder einen glatten Kreis als Ablenkung am Schirm. Das unbekannte Signal mit der Frequenz f_x wird an den Z-Eingang gelegt. Die negative Halbwelle dieses Signals verursacht eine dunkle Stelle im Kreis und die positive eine helle Stelle. Das Ergebnis davon ist der unterbrochene Ring (Bild 32 b). Sind die beiden Spannungen über R und C nicht gleich groß, wird eine Ellipse geschrieben.

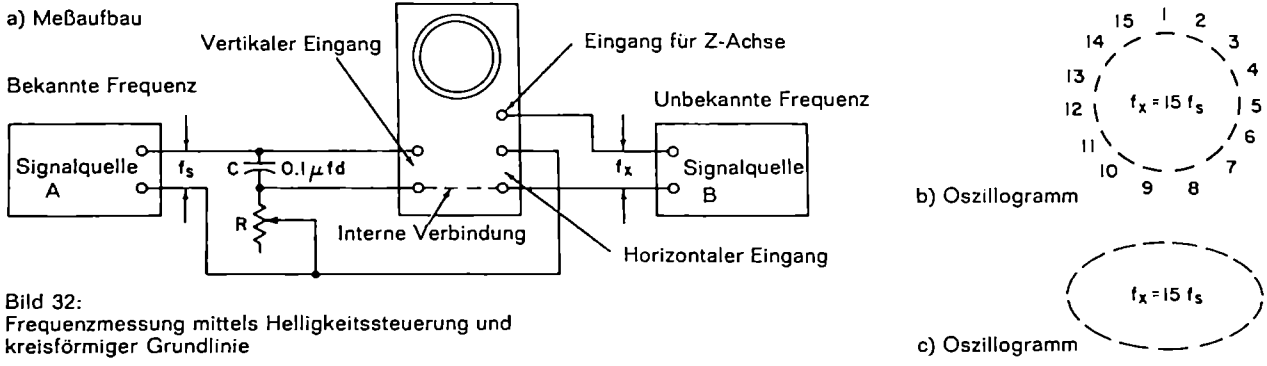


Bild 32:
Frequenzmessung mittels Helligkeitssteuerung und kreisförmiger Grundlinie

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung aus.*
3. *Schalte Synchronisation aus.*
4. *Stelle Schaltung nach Bild 32 her und schalte vorerst das unbekannte Signal B ab.*
5. *Schalte bekanntes Signal A ein.*
6. *Verändere R bis sich ein Kreis ergibt.*
7. *Stelle die X- und Y-Verstärkung so ein, daß der Kreis möglichst den ganzen Schirm ausfüllt.*
8. *Schalte das unbekannte Signal B ein.*
9. *Verändere die bekannte Frequenz f_s bis das Bild steht.*
10. *Verändere für eine saubere Segmentbildung die Amplitude von f_x.*
11. *Stelle die Intensität so ein, daß sich ein scharfer Kontrast zwischen den Segmenten und den Zwischenräumen ergibt.*
12. *Zahle die Zahl der Segmente oder Zwischenräume.*
13. *Bestimme die unbekannte Frequenz $f_x = n \times f_s$.*

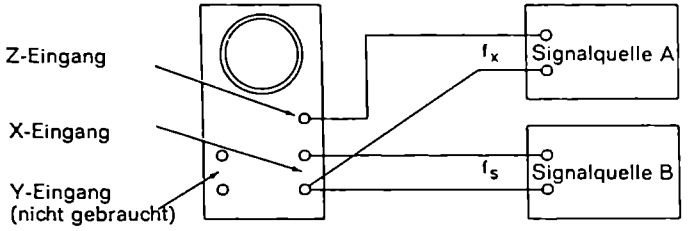
Wie bei der vorhergehenden Methode ergibt sich auch hier wieder eine Drehung des Ringes, wenn die beiden Frequenzen nicht in einem ganzzahligen Verhältnis zueinander stehen.

6. 4. Frequenzmessung mittels Helligkeitssteuerung und gerader Grundlinie

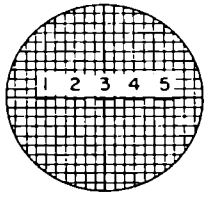
Eine Variation der vorher genannten Methode ergibt eine gerade horizontale Grundlinie, die durch die unbekannte Frequenz unterbrochen wird. Diese Schaltung ist einfacher, da sie kein RC-Netzwerk benötigt. Sie ermöglicht aber nicht die Messung so hoher Frequenzunterschiede wie die Methoden in 6. 2. und 6. 3. Bei dieser Messung wird die bekannte Frequenz auf den X-Eingang gegeben und ergibt eine gerade horizontale Grundlinie. Die unbekannte Frequenz wird an den Z-Eingang gegeben und verursacht wieder eine Unterbrechung der horizontalen Linie während der negativen Halbwellen. In den positiven Halbwellen wird die Helligkeit erhöht. Dies ergibt eine unterbrochene Linie, wie sie in Bild 33 gezeigt wird.

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung aus.*
3. *Schalte Synchronisation aus.*
4. *Stelle Y-Verstärkung auf Null.*
5. *Stelle die Schaltung nach Bild 33 her und schalte unbekanntes Signal A aus.*
6. *Schalte bekanntes Signal B ein.*
7. *Stelle die X-Verstärkung so ein, daß die Ablenkung möglichst über den ganzen Schirm verläuft.*
8. *Schalte unbekanntes Signal ein.*



a) Meßaufbau



b) Oszillogramm

Bild 33:
Frequenzmessung mittels Helligkeitssteuerung und gerader Grundlinie

9. *Verändere die bekannte Frequenz f_s, bis die Segmente stehen.*
10. *Verändere für eine saubere Segmentbildung die Amplitude von f_x.*
11. *Stelle die Intensität so ein, daß sich ein scharfer Kontrast zwischen den Segmenten und den Zwischenräumen ergibt.*
12. *Zähle die Anzahl n der Segmente.*
13. *Errechne die unbekannte Frequenz $f_x = n \times f_s$.*

6. 5. Verwendung der internen Sägezahnablenkung

Ist die Einstellung der Zeitablenkfrequenz mit einer Einteilung versehen, die die Ablesung der eingestellten Frequenz oder der Zeit ermöglicht, kann damit ebenfalls eine Frequenzmessung vorgenommen werden.

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung ein.*
3. *Schalte Synchronisationsschalter auf „Intern".*
4. *Gebe das unbekannte Signal auf den Y-Eingang.*
5. *Verändere die Zeitablenkfrequenz und Synchronisation so, daß eine stehende Periode geschrieben wird.*
6. *Verändere die X- und Y-Verstärkung, bis das Bild die gewünschte Größe erreicht.*
7. *Lese die unbekannte Frequenz an der Einstellung der Zeitablenkfrequenz ab.*
8. *Ist die Teilung in Sekunden angegeben, errechnet sich die unbekannte Frequenz zu $f_x = 1/t$, darin bedeutet t die Zeit, die an der Einstellung der Zeitablenkfrequenz angegeben ist.*
9. *Erscheinen mehrere Perioden, zähle ihre Anzahl n und errechne die unbekannte Frequenz zu $f_x = n \times f_s$ (f_s = Zeitablenkfrequenz).*

7 Phasenmessungen und Phasenvergleich

Für Phasenmessungen wird eine ähnliche Meßschaltung wie für die Frequenzmessung verwendet. Hauptsächlich wird der Oszillograf zur Bestimmung von Phasenbeziehungen zwischen zwei Signalen benutzt. Für solche Phasenmessungen muß ein Oszillograf verwendet werden, der identische X- und Y-Verstärker besitzt, um interne Phasenverschiebungen auszuschalten. Abschnitt 7. 2. beschreibt, wie ein solches Gerät auf interne Phasenverschiebungen überprüft werden kann. Große Signale können unter Umgehung der Verstärker direkt an die Ablenkplatten gelegt werden. Der Oszillograf muß außerdem eine ausreichende Linearität sowie Nullpunktstabilität besitzen.

7. 1. Verwendung von Lissajous-Figuren

Wenn zwei Signale gleichzeitig, ohne interne Zeitablenkung, auf den Oszillografen gegeben werden, und zwar eines auf den Y-Eingang und eines auf den X-Eingang, werden am Schirm Lissajous-Figuren geschrieben. Diese zeigen auch die Phasendifferenz zwischen den beiden Signalen an.

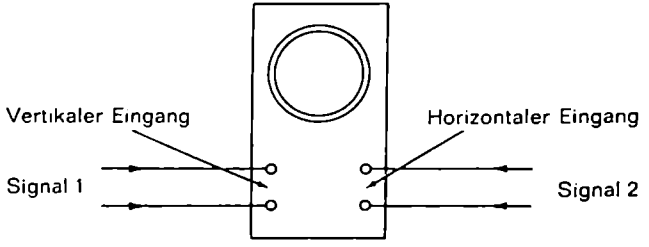


Bild 34:
Meßaufbau für Phasenmessungen mittels Lissajous-Figuren

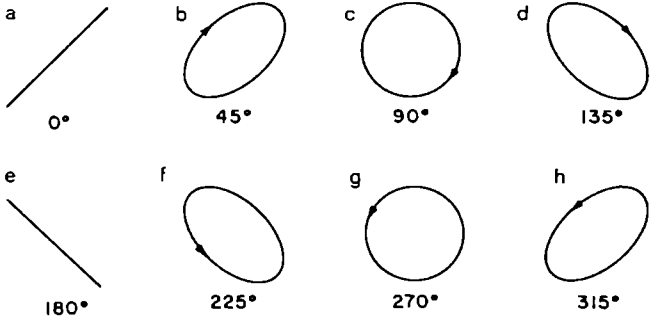


Bild 35:
Typische Lissajous-Figuren bei bestimmten Phasenwinkeln

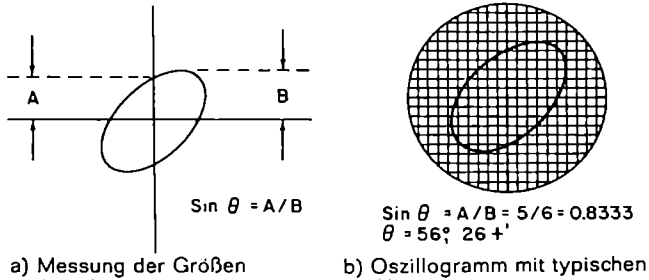
Die Meßschaltung für Phasenmessungen mittels Lissajous-Figuren zeigt Bild 34.
Bild 35 zeigt mehrere Kurven, die man durch entsprechende Phasenwinkel zwischen den beiden Signalen

erhält, wenn die beiden Signale sinusförmig sind, gleiche Amplitude besitzen und dieselbe Frequenz haben. Beachte dabei, daß sich gleiche Kurven für verschiedene Phasenwinkel ergeben; z. B. eine nach rechts geneigte Ellipse für 45 ° und 315 ° (Bild 35 b und h). Der Leuchtpunkt wird jedoch dabei in verschiedene Richtungen ausgelenkt: Im Uhrzeigersinn bei Bild 35 b und entgegen dem Uhrzeigersinn in Bild 35 h. Die Winkel sind angegeben als Phasenwinkel des Y-Einganges in bezug auf den X-Eingang. Eine einfache Methode, den richtigen Phasenwinkel zu bestimmen, besteht darin, daß man einen kleinen, genau bekannten Phasenwinkel zu irgendeinem Eingang herstellt. Der richtige Winkel kann aus der Bewegungsrichtung der Figur bestimmt werden.

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung aus.*
3. *Schalte Synchronisation aus.*
4. *Gebe Signal 1 und Signal 2 auf die beiden Eingänge (Bild 34).*
5. *Verändere die X- und Y-Verstärkung so, daß ein geeignetes Bild erscheint.*
6. *Die beiden Signale sollen die gleiche Amplitude besitzen. Ist dies nicht der Fall, kann entweder die Ausgangsspannung der Signalquellen oder aber, wenn dies nicht möglich ist, die X- und Y-Verstärkung so eingestellt werden, daß die Ablenkplatten die gleichen Amplituden zugeführt bekommen.*
7. *Unter Verwendung des Bildes 36 a wird sorgfältig die Auslenkung von der Nullinie bis zum Schnittpunkt der Kurve mit der Mittelsenkrechten gemessen. Schreibe dies in Zentimeter oder in Skaleneinheiten als Größe A auf.*
8. *Messe sorgfältig den Abstand von der Nullinie bis zur maximalen Auslenkung der Kurve. Schreibe diese Größe B in der gleichen Dimension wie A auf.*
9. *Errechne den Sinus des Phasenwinkels zu* $\sin\varphi = A/B$.
10. *Entnehme den Winkel aus einer Funktionentafel.*

In Bild 36 b schneidet die Ellipse die vertikale Mittelachse in einem Abstand von 5 Einheiten und besitzt eine maximale Höhe von 6 Einheiten. Dies ergibt für



a) Messung der Größen A und B am Schirm.

b) Oszillogramm mit typischen Abmessungen

Bild 36: Bestimmung der Phase aus der Lissajous-Figur

den Sinus einen Wert von

$$\sin\varphi = 5/6 = 0{,}8333$$

Aus der Tabelle liest man einen zugehörigen Winkel von $\varphi = 56\,^{\circ}\,26'$ ab. Die gerade schräge Linie in Bild 35 a und e schneidet die Mittelsenkrechte im Nullpunkt, daher ist A = 0. Der Sinus dieses Winkels ist O/B = 0 und entspricht einem Winkel von 0 ° und 180 °.

7. 2. Prüfung der eigenen Phasendrehung des Oszillografen

Kein Oszillograf soll für Phasenmessungen verwendet werden, bevor nicht die eigene Phasendifferenz zwischen dem X- und Y-Verstärker geprüft wurde. Bei guten Geräten wird diese Differenz sehr klein gehalten, wenn gleiche Verstärker für den X- und Y-Kanal verwendet werden. Wenn diese Phasendifferenz bei der jeweiligen Meßfrequenz bekannt ist, kann damit das Meßergebnis korrigiert werden. Ist der Winkel jedoch groß, sollte der Oszillograf für Phasenmessungen mittels Lissajous-Figuren nur dann verwendet werden, wenn die beiden Signale direkt an die Ablenkplatten gelegt werden können.
Ein Gerät, das für solche Messungen geeignet ist, muß von Zeit zu Zeit überprüft werden, da durch Alterung der Bauteile größere Phasendrehungen verursacht werden können.

Bild 37 zeigt die Schaltung zur Prüfung der eigenen Phasendrehung. Ein Testsignal mit der gewünschten Frequenz wird gleichzeitig an den horizontalen und vertikalen Verstärker gegeben. Die beiden Signale sind dann zueinander in Phase, da es ja nur ein Signal ist. Die sich ergebende Lissajous-Figur wird ausgemesen und der Winkel berechnet.
Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung aus.*
3. *Schalte Synchronisation aus.*
4. *Gebe das Testsignal mit der gewünschten Frequenz entsprechend Bild 37 auf das Gerät.*
5. *Stelle die gleiche horizontale und vertikale Verstärkung ein.*

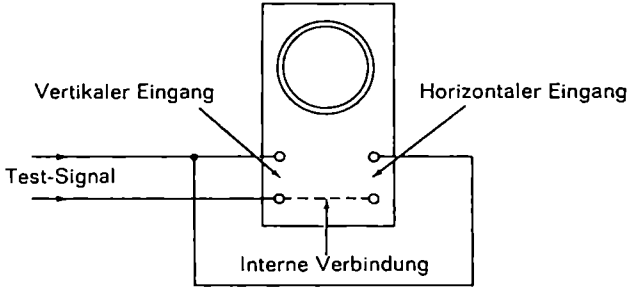


Bild 37:
Meßschaltung zur Bestimmung der internen Phasendrehung

6. *Aus der sich ergebenden Lissajous-Figur bestimme den Phasenwinkel wie in Abschnitt 7. 1. beschrieben.*
7. *Wiederhole diese Messung bei mehreren Frequenzen innerhalb des Durchlaßbereiches der Verstärker. (Verschiedene Geräte zeigen in gewissen Frequenzbereichen größere Differenzen, die in anderen Frequenzbereichen vernachlässigbar sind.)*

7. 3. Verwendung von Mehrfachoszillogrammen

Das doppelte Oszillogramm hat den Vorteil, daß die Phasenbeziehungen zwischen zwei Signalen ohne Lissajous-Figuren direkt abgelesen werden können. Dabei müssen die beiden Signale weder sinusförmig sein noch in ihrer Amplitude und Frequenz übereinstimmen. Bild 38 zeigt die Methode, wobei in Bild a ein Zweistrahloszillograf mit zwei getrennten Y-Eingängen verwendet wird und in Bild b ein einfacher Oszillograf in Verbindung mit einem elektronischen Schalter. Die beiden Kurvenzüge können entweder am Schirm getrennt (Bild 38 c) oder direkt übereinander geschrieben werden (Bild 38 d).
Aus Bild 38 c ist ersichtlich, daß die beiden Signale um 180 ° phasenverschoben sind, da die beiden Signale zur gleichen Zeit ihre maximalen Amplituden, jedoch mit entgegengesetztem Vorzeichen, erreichen. In Bild 38 d eilt das Signal 2 dem Signal 1 um $^1/_8$ Periode vor, was einem Winkel von 360 °/8 = 45 ° entspricht.

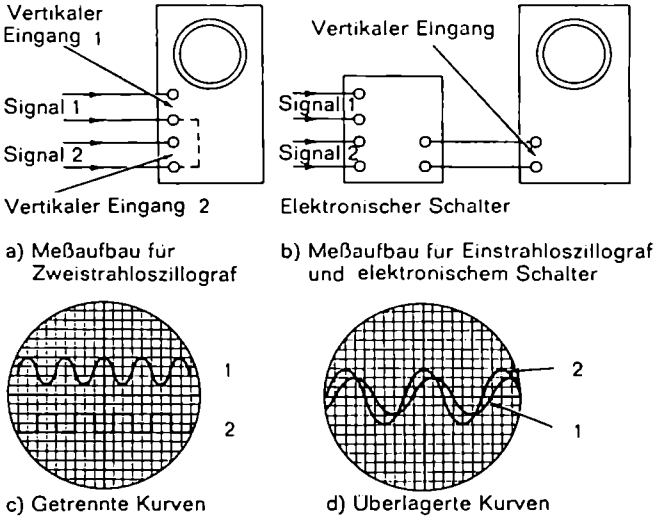


Bild 38: Verwendung eines doppelten Oszillogramms

Die gleiche Technik ermöglicht den Vergleich mehrerer Signale, wenn der Oszillograf oder elektronische Schalter die Verarbeitung mehrerer Signale erlaubt.
Meßablauf:
1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung ein.*
3. *Schalte Synchronisationsschalter auf „Intern".*
4. *Gebe die Meßsignale entsprechend Bild 38 auf das Gerät.*

5. *Verändere die Zeitablenkfrequenz und Synchronisation so, daß mehrere stehende Perioden sichtbar werden.*
6. *Stelle die X- und Y-Verstärkung für die gewünschte Bildgröße ein.*
7. *Mit der vertikalen Bildeinstellung (am Oszillografen oder am elektronischen Schalter) werden die beiden Signale am Schirm getrennt oder übereinander geschrieben.*
8. *Bestimme die Phasendifferenz durch die gegenseitige Verschiebung der beiden Signale auf der horizontalen Achse.*

7. 4. Bestimmung des Phasenwinkels zwischen Strom und Spannung

Die vorhergehenden Abschnitte beschrieben die Messung des Phasenwinkels zwischen zwei Spannungen. In der Praxis ist es oft notwendig den Winkel zwischen Strom und Spannung zu messen. In diesem Falle wird wieder so verfahren, daß der Strom mit Hilfe eines induktivitätsarmen Widerstandes in eine proportionale Spannung umgewandelt wird.
Bild 39 zeigt den Meßaufbau, wobei entweder ein Zweistrahloszillograf oder ein einfacher Oszillograf in Verbindung mit einem elektronischen Schalter verwendet werden kann. In diesem Bild wird nach der Phasenbeziehung zwischen der Spannung U 1 und dem Strom I gefragt. Es ist dabei zu beachten, daß der Widerstandswert von R gegenüber dem Wert des Lastwiderstandes zu vernachlässigen ist, d. h. R muß sehr viel kleiner als der Lastwiderstand sein. Die Spannung U 1 wird an den einen vertikalen Eingang und der Spannungsabfall U 2, verursacht durch den Strom I, auf den zweiten vertikalen Eingang gegeben. Aus diesen beiden Kurvenzügen kann die Phasenbeziehung, entsprechend Bild 38 c und d, abgelesen werden.
Meßablauf:
1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung ein.*

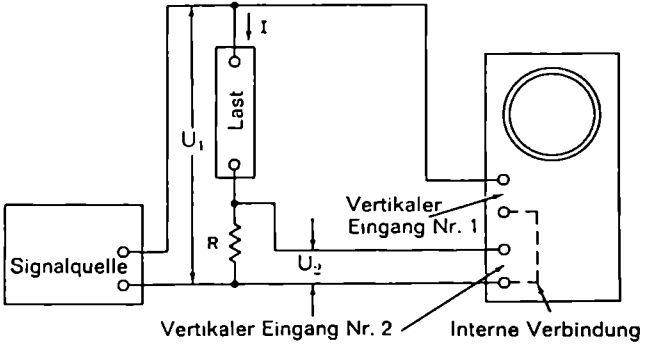


Bild 39:
Meßschaltung zur Bestimmung des Phasenwinkels zwischen Strom und Spannung

3. *Stelle Synchronisationsschalter auf „Intern".*
4. *Stelle die Schaltung nach Bild 39 her.*
5. *Stelle Zeitablenkfrequenz und Synchronisation so ein, daß mehrere stehende Perioden erscheinen.*
6. *Verändere die X- und Y-Verstärkung für gewünschte Bildgröße.*
7. *Mit der vertikalen Bildeinstellung (am Oszillografen oder am elektronischen Schalter) werden die beiden Signale getrennt oder übereinander geschrieben.*
8. *Bestimme die Phasendifferenz aus der gegenseitigen Verschiebung der beiden Signale auf der horizontalen Achse.*

Die Phasenbeziehung zwischen Strom und Spannung kann auch mittels Lissajous-Figuren ermittelt werden. Dabei wird die Spannung U 1 an den vertikalen Eingang und der Spannungsabfall U 2 auf den horizontalen Eingang gegeben oder umgekehrt.

7. 5. Bestimmung des Phasenwinkels zwischen zwei Strömen

Bei dieser Messung werden die beiden Ströme durch zwei getrennte Widerstände geschickt und die beiden proportionalen Spannungen an die beiden Eingänge des Oszillografen gegeben.

Bild 40 zeigt die Schaltung, in der der Strom I 1 durch R 1 und der Strom I 2 durch R 2 fließt. Die beiden Spannungen U 1 und U 2 sind proportional den Strömen I 1 und I 2 und ergeben am Schirm die beiden Kurvenzüge. Die beiden Widerstände R 1 und R 2 sind so klein zu wählen, daß sie den Meßkreis nicht stören.

Der Meßablauf ist der gleiche wie er in Abschnitt 7. 3. und 7. 4. beschrieben wurde.

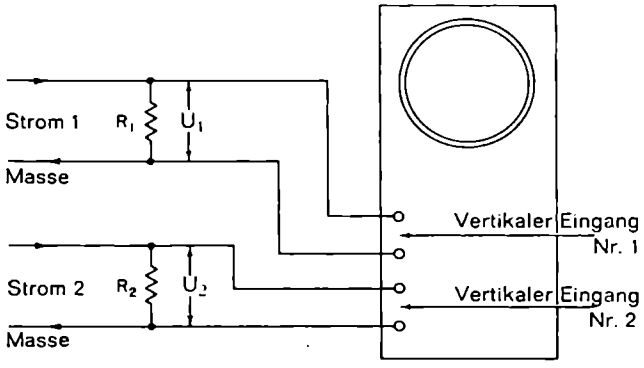


Bild 40:
Meßschaltung zur Bestimmung des Phasenwinkels zwischen zwei Strömen

7. 6. Gleichzeitige Messung der Spannung (bzw. Strom) und der Phase

Wenn die Methode der Mehrfachoszillogramme verwendet wird, kann sowohl die Spannung als auch die Phase gemessen werden. Die Spannung ergibt sich aus der Größe der Auslenkung mittels der geeichten Schirmteilung oder mittels einer Eichspannung. Wird für die Messung ein elektronischer Schalter verwendet, muß die Eichung korrigiert werden, da dieser Schalter sonst einen Fehler verursacht.
Der Strom wird wieder über die Beziehung $I = U/R$ bestimmt. U ist darin die Spannung, die über dem Meßwiderstand R abgegriffen wird.

8 Messungen an NF-Verstärkern

Dieses Kapitel beschreibt die prinzipiellen NF-Messungen.
Für solche niederfrequente Messungen soll der Oszillograf einen vernünftigen Frequenzbereich überstreichen, und zwar bis ca. 500 kHz für den Vertikalverstärker. Die Notwendigkeit dieses Bereiches ergibt sich daraus, daß moderne Hi-Fi-Geräte einen Übertragungsbereich bis 100 kHz und mehr besitzen und die Meßschaltung noch die Aufnahme mehrerer Harmonischer ermöglichen soll. Außerdem werden solche Geräte vielfach auch auf dem Gebiete der Ultraschalltechnik eingesetzt.

8. 1. Prüfung der Wellenform

Mit dem Oszillografen kann sehr schnell die Wellenform überprüft werden, ob es sich z. B. um eine Sinusspannung handelt oder um einen Sägezahn, Impuls usw. Oft wird er auch zur Feststellung benutzt, ob in irgendeinem Punkt einer Schaltung ein Signal vorhanden ist oder nicht. Vielfach wird er dabei in Verbindung mit anderen Meßgeräten wie Strom- und Spannungsmesser verwendet, wobei der Oszillograf die Wellen-

form anzeigt und die anderen Meßgeräte eine quantitative Aussage ermöglichen.

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung ein.*
3. *Stelle Sychronisationsschalter auf „Intern".*
4. *Verbinde den X-Eingang mit der Signalquelle. Verwende dazu einen kapazitätsarmen Tastkopf, um eine möglichst geringe Störung der Signalquelle zu erreichen.*
5. *Verändere die Zeitablenkfrequenz und Synchronisation so, daß mehrere stehende Perioden erscheinen.*
6. *Verändere die X- und Y-Verstärkung für gewünschte Bildgröße.*
7. *Beachte die Form des angezeigten Signals.*

8. 2. Dämpfungs- und Verstärkungsmessung

Bei dieser Anwendung wird der Oszillograf als hochohmiges Wechselspannungs-Voltmeter benutzt. Die Empfindlichkeit ist abhängig von der Verstärkung des Y-Verstärkers. Bild 41 zeigt den Meßaufbau. In diesem Bild kann das Meßobjekt entweder ein Verstärker (ein- oder mehrstufig), ein Bauteil (z. B. Transformator) oder ein Netzwerk (z. B. Filter) sein. Der Signalgenerator wird auf die entsprechende Frequenz eingestellt.

Meßaufbau:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung ein.*
3. *Stelle Synchronisationsschalter auf „Intern".*
4. *Verbinde den Tastkopf mit dem Y-Eingang.*
5. *Stelle den Meßaufbau nach Bild 41 her und schalte das Meßobjekt sowie den Generator ein.*

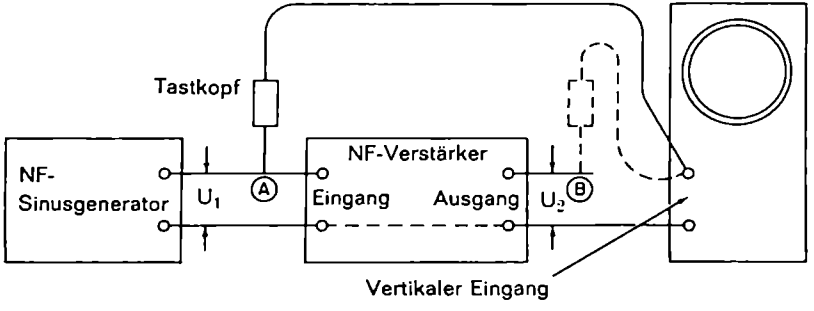


Bild 41:
Meßaufbau zur Messung der Spannungsverstärkung

6. *Ist das Meßobjekt ein Verstärker, stelle den gewünschten Betriebspunkt ein.*
7. *Verbinde den Tastkopf mit dem Punkt B.*
8. *Erhöhe die Ausgangsspannung des Generators bis am Schirm ein Bild sichtbar wird.*
9. *Stelle die Zeitablenkfrequenz und Synchronisation so ein, daß mehrere stehende Perioden sichtbar werden.*
10. *Verändere die X- und Y-Verstarkung für gewünschte Bildgröße.*
11. *Wird der zu messende Verstärker durch das Meßsignal übersteuert (dies macht sich durch eine Abflachung der Signalspitzen bemerkbar), muß das Eingangssignal verringert werden, um diese Störung auszuschalten.*
12. *Verbinde den Tastkopf mit dem Punkt A.*
13. *Messe die Spannung U 1 in diesem Punkt.*
14. *Verbinde wieder mit dem Punkt B.*
15. *Messe die Spannung U 2 in diesem Punkt.*
16. *Berechne die Spannungsverstärkung nach der Formel:*

$$G = U2/U1$$

Soll die Verstärkung in Dezibel ausgedrückt werden, gilt:

$$G = 20 \log U2/U1$$

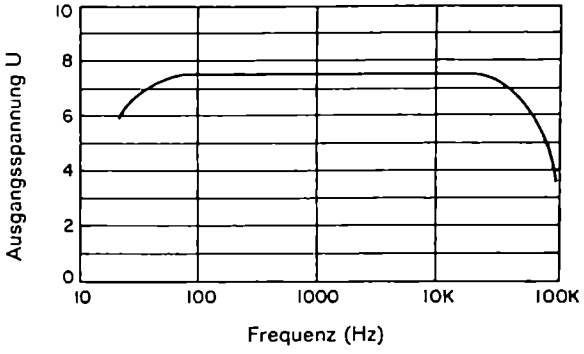


Bild 42: Typisches Bild eines Frequenzganges

8. 3. Messung des Frequenzganges

Diese Messung setzt voraus, daß der Frequenzbereich des Oszillografen größer ist als der des zu messenden Objektes. Für die Messung wird ein sinusförmiges Signal konstanter Amplitude an den Eingang des zu messenden Verstärkers gegeben. Die Signalfrequenz wird innerhalb des Übertragungsbereiches verändert und die entsprechende Ausgangsspannung des Meßobjektes gemessen. Mit den erhaltenen Werten kann eine Kurve ähnlich Bild 42 gezeichnet werden.

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung ein.*
3. *Schalte Synchronisationsschalter auf „Intern".*
4. *Verbinde den Tastkopf mit dem Y-Eingang.*
5. *Stelle den Meßaufbau nach Bild 41 her und schalte die Geräte ein.*
6. *Ist das Meßobjekt ein Endverstärker, muß der Ausgang mit einem Lastwiderstand abgeschlossen werden, wie er für den normalen Betrieb vorgesehen ist. Stelle den gewünschten Betriebspunkt ein.*
7. *Verbinde den Tastkopf mit Punkt B (Bild 41).*
8. *Stelle am Generator die niedrigste Meßfrequenz ein.*
9. *Erhöhe die Ausgangsspannung des Generators, bis ein Bild am Schirm erscheint.*
10. *Stelle die Zeitablenkfrequenz und Synchronisation so ein, daß mehrere stehende Perioden sichtbar werden.*
11. *Verändere die X- und Y-Verstärkung für gewünschte Bildgröße.*
12. *Ist das Meßobjekt übersteuert, muß die Eingangsspannung verringert werden.*
13. *Wechsle mit dem Tastkopf nach Punkt A.*
14. *Messe die Eingangsspannung U 1 im Punkt A. Dieser Wert von U 1 wird während der gesamten Messung beibehalten.*
15. *Wechsle mit dem Tastkopf nach Punkt B.*
16. *Messe die Spannung U 2 in diesem Punkt.*
17. *Bei jeder neuen Meßfrequenz wird zuerst U 1 auf den festgelegten Wert eingestellt und dann U 2 gemessen.*
18. *Mit diesen Werten zeichne den Frequenzgang ähnlich dem in Bild 42.*

8. 4. Brumm- und Rauschmessungen

Die Messung von Brumm- und Rauschpegeln in Verstärkern, ohne vorhandenes Signal, erfordert Oszillografen mit hoher Empfindlichkeit. Diese Empfindlichkeit ist deshalb notwendig, da die Amplituden dieser Spannungen sehr niedrig sind (der quadratische Mittelwert beträgt oft weniger als 1 mV). Die Messung wird am Ausgang des eingeschalteten Verstärkers, jedoch ohne Eingangssignal, durchgeführt. Ist am Ausgang eine Spannung vorhanden, handelt es sich um eine Brummspannung, Rauschspannung oder der Verstarker schwingt. Die Verwendung eines Oszillografen für diese Messungen hat den Vorteil, daß damit die Wellenform, Amplitude und die Frequenz der Komponenten bestimmt werden kann.

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung ein.*
3. *Schalte Synchronisationsschalter auf „Intern".*

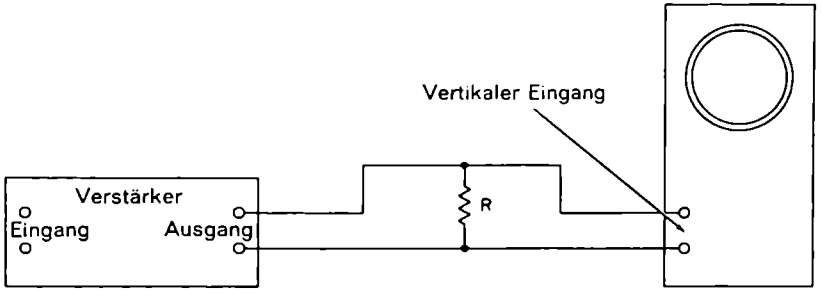


Bild 43:
Anordnung zur Brumm- und Rauschmessung

4. *Stelle Meßaufbau nach Bild 43 her und verwende möglichst kurze Leitungen zwischen Verstärker und Oszillograf. Handelt es sich um einen Endverstärker, muß der Ausgang mit einem Widerstand R abgeschlossen werden, der der Ausgangsimpedanz des Verstärkers entspricht.*
5. *Schalte den Verstärker ein und drehe dessen Verstärkungsregler ganz zurück.*
6. *Erhöhe die Y-Verstärkung, bis ein Rauschen sichtbar wird.*
7. *Stelle Zeitablenkung und X-Verstärkung auf die gewünschte Bildbreite ein.*
8. *Messe die Spannung unter Verwendung einer in Kapitel 5 beschriebenen Methode.*
9. *Zur Trennung der Brummkomponente wird die Ablenkfrequenz gleich der Netzfrequenz gewählt und die Synchronisation so eingestellt, daß nur eine einzige stehende Periode sichtbar wird.*
10. *Schwingt der Verstärker, bestimme die Frequenz nach einer Methode aus Kapitel 6.*
11. *Wiederhole die Messungen bei voll aufgedrehter Verstärkung des Meßobjektes.*

8. 5. Messung der Ausgangsleistung

Dies ist eine weitere Messung, bei der der Oszillograf als NF-Voltmeter verwendet wird. Die Meßanordnung zeigt Bild 44.

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung ein.*
3. *Schalte Synchronisationsschalter auf „Intern".*

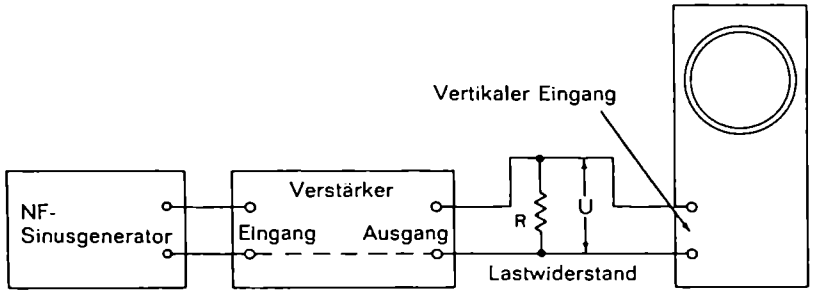


Bild 44: Meßaufbau
zur Messung der Ausgangsleistung

4. *Stelle den Meßaufbau nach Bild 44 her. Der Widerstand R muß gleich groß wie die Ausgangsimpedanz des Verstärkers sein.*
5. *Schalte Generator und Verstärker ein und drehe die Verstärkung ganz auf. Stelle am Generator die gewünschte Frequenz ein.*
6. *Erhöhe die Ausgangsspannung des Generators.*
7. *Erhöhe die X-Verstärkung bis ein Bild erscheint.*
8. *Stelle Zeitablenkfrequenz und Synchronisation so ein, daß mehrere stehende Perioden geschrieben werden.*
9. *Ist der Verstärker übersteuert — Abflachung des Signals — verringere die Ausgangsspannung des Signalgenerators.*
10. *Messe den quadratischen Mittelwert der Ausgangsspannung U nach einer in Kapitel 5 beschriebenen Methode.*
11. *Errechne die Ausgangsleistung nach der Formel*

$$P = U^2/R$$

wobei P in Watt, U in Volt und R in Ohm angegeben wird.

12. *Wiederhole die Leistungsmessung bei jeder gewünschten Frequenz innerhalb des Frequenzbereiches des Verstärkers.*

8. 6. Messung von Phasendrehungen

Phasendrehungen, verursacht durch den Verstärker oder einzelner Verstärkerstufen, können mit dem in Bild 45 gezeigten Meßaufbau gemessen werden.
Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung aus.*

3. *Schalte Synchronisation aus.*
4. *Stelle den Meßaufbau nach Bild 45 her und verwende möglichst kurze Leitungen zwischen Oszillograf und Verstärker. Der Widerstand R wird nur dann gebraucht, wenn es sich um einen Endverstärker handelt, und hat den gleichen Wert wie die Ausgangsimpedanz.*
5. *Stelle am Signalgenerator die gewünschte Frequenz ein. Schalte Generator und Verstärker ein.*
6. *Stelle am Meßobjekt die gewünschte Verstärkung und Tonblendenstellung ein.*

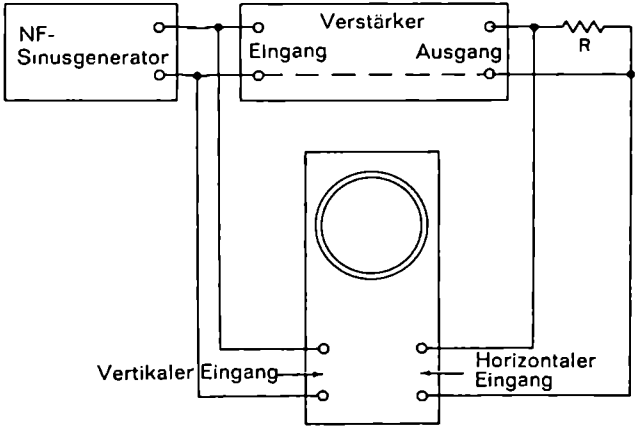


Bild 45: Meßaufbau für Phasenmessungen

7. *Erhöhe die Ausgangsspannung des Signalgenerators, doch darf der Verstärker nicht übersteuert werden.*
8. *Stelle X- und Y-Verstärkung gleich groß ein.*
9. *Bestimme aus der Lissajous-Figur (Abschnitt 7. 1.) die Phasendrehung.*
10. *Wiederhole die Messung bei verschiedenen Frequenzen im Übertragungsbereich des Verstärkers, bei verschiedenen Verstärkungen und verschiedenen Stellungen der Tonblenden.*

Phasenmessungen können auch mit Zweistrahloszillografen (oder Einstrahloszillografen mit elektronischem Schalter) durchgeführt werden. Bei Verwendung eines solchen Zweistrahloszillografen wird der Eingang des Verstärkers mit einem Y-Eingang des Oszillografen verbunden. Der Ausgang des Verstärkers wird mit dem zweiten vertikalen Eingang des Oszillografen verbunden. Die Phase wird aus der Verschiebung der beiden Signale am Leuchtschirm ermittelt (Abschnitt 7. 3.).

8. 7. Bestimmung von Verzerrungen

Der Oszillograf kann auf verschiedene Art zur Bestimmung von Verzerrungen verwendet werden. Einige Verfahren sind nur zur qualitativen Bestimmung geeignet. Andere wieder sind für eine quantitative Aussage geeignet. In beiden Fällen muß sowohl der X-Verstärker als auch der Y-Verstärker störungsfrei aufge-

baut sein. Einige dieser Verfahren werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

Prüfung mit Sinusspannungen: Der einfachste qualitative Test zur Bestimmung einer Verzerrung wird mit einer verzerrungsfreien Sinusspannung durchgeführt. Diese Sinusspannung wird an den Eingang des Verstärkers gegeben und die Ausgangsspannung mit dem Oszillografen aufgezeichnet. Geachtet wird dabei auf die Abweichung des Ausgangssignals von der echten Sinusform. Eine Abweichung von der echten Sinusform kann mit dem Auge gut beobachtet und abgeschätzt werden. Störungen, die durch den Generator selbst hervorgerufen werden, können auf dieselbe Art gemessen werden, wenn der Oszillograf direkt mit dem Generator verbunden wird.

In Bild 46 sind verschiedene Verzerrungen gezeigt, die mit dieser Prüfung ermittelt werden können. Die Oszillogramme 46 a, b, c, j, k und l zeigen verzerrte Sinuswellen, wobei die interne Zeitablenkung des Oszillografen eingeschaltet war. Die Oszillogramme 46 d, e, f, g, h und i zeigen verzerrte Lissajous-Figuren. Jedes dieser Oszillogramme stellt eine starke Verzerrung dar. Geringere Verzerrungen sind nicht so gut sichtbar, doch werden sie gewöhnlich durch solche Messungen mit dem Oszillografen abgeschätzt. Geübte Techniker können auf diese Art noch Verzerrungen von weniger als 5 % feststellen.

Bei Verwendung eines Zweistrahloszillografen oder eines Einstrahloszillografen mit elektronischem Schalter, kann das Eingangs- und Ausgangssignal direkt am

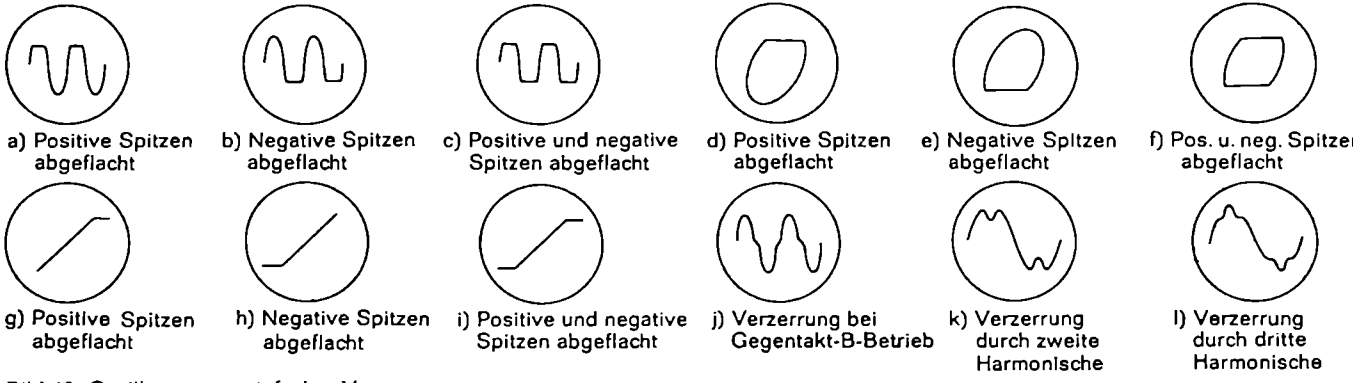


Bild 46: Oszillogramme einfacher Verzerrungen

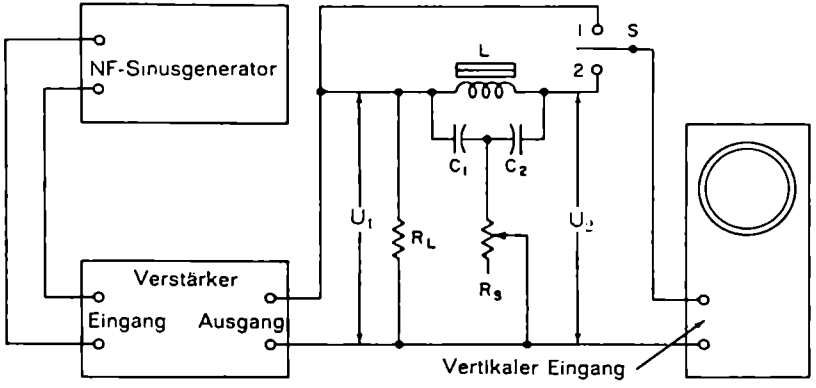


Bild 47:
Meßaufbau zur Messung von Harmonischen

Schirm verglichen werden. Es muß darauf geachtet werden, daß durch den elektronischen Schalter keine Verzerrungen verursacht werden.

Verwendung von Sperrfilter für die erste Harmonische: Verschiedene Meßgeräte arbeiten so, daß sie die Grundwelle bzw. erste Harmonische des Testsignals heraussieben und den verbleibenden Rest zur Auswertung verwenden. Besteht dieser Rest aus Harmonischen (ganzzahlige Vielfache einer Frequenz), die durch Verzerrungen im Verstärker verursacht wurden, errechnet sich der prozentuale Anteil dieser Störfrequenzen aus dem Verhältnis aller Harmonischen zur Grundwelle plus Harmonische.

Bild 47 zeigt einen einfachen Meßkreis für solche Messungen. Hier wird die Grundwelle mit einem überbrückten T-förmigen Netzwerk, bestehend aus L, C 1, C 2 und R_s, unterdrückt. Die Induktivität L und die beiden gleich großen Kapazitäten C 1 und C 2 sind so gewählt, daß die gewünschte Grundwelle gesperrt wird.

Die beiden Kapazitäten errechnen sich zu:

$$C\,1 = C\,2 = 1/(19{,}75 \times f^2 \times L)$$

Die Kapazität ergibt sich in Farad, wenn f in Hz und L in Henry eingesetzt wird. Die Güte Q der Induktivität soll 10 oder größer sein. Mit dem Widerstand R wird die Nullschärfe des Kreises eingestellt. Der erforderliche Wert für R_s ist verkehrt proportional dem äquivalenten Serienwiderstand der Induktivität L.

Der Verstärker wird mit einem verzerrungsfreien Sinus-

Signal angesteuert. Handelt es sich um einen Endverstärker, muß dieser mit einem Widerstand R_{L_n} gleich der Ausgangsimpedanz des Verstärkers, belastet werden. Zuerst wird der Schalter S in Stellung 1 gebracht und die gesamte Ausgangsspannung U 1 des Verstärkers mit dem Oszillografen gemessen. Dann wird der Schalter S in Stellung 2 gebracht. In dieser Stellung wird die erste Harmonische gesperrt und nur die Spannung U 2 der höheren Harmonischen gemessen.
Die Verzerrung beträgt:

$$D\ [\%] = 100\ (U\,2/U\,1)$$

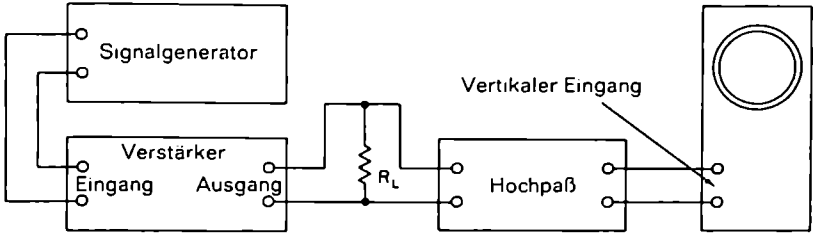
Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung ein.*
3. *Stelle Synchronisationsschalter auf „Intern".*
4. *Stelle Meßaufbau nach Bild 47 her.*
5. *Schalte den Verstärker ein, stelle die Verstärkung und Tonblenden auf den gewünschten Wert.*
6. *Schalte Signalgenerator ein und stelle die Nullfrequenz des überbrückten T-Netzwerkes ein. Erhöhe die Ausgangsspannung des Generators, bis der Verstärker die gewünschte Ausgangsspannung oder Ausgangsleistung abgibt.*
7. *Stelle Schalter S in Stellung 1.*
8. *Erhöhe die Y-Verstärkung bis ein Bild erscheint.*
9. *Verändere Zeitablenkung, X-Verstärkung und Synchronisation so, daß mehrere stehende Perioden sichtbar werden.*
10. *Aus diesem Bild bestimme die Spannung U 1.*
11. *Stelle Schalter S in Stellung 2, stelle mit R_S die größte Nullschärfe ein und messe die Spannung U 2.*
12. *Errechne die Verzerrung:*

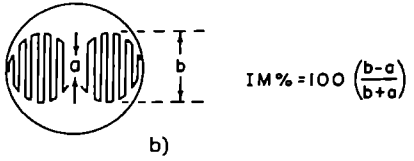
$$D\ [\%] = 100\ (U\,2/U\,1)$$

13. *Wiederhole die Messung für verschiedene Verstärkungseinstellungen und bei mehreren Frequenzen (C 1 und C 2 muß für jede Frequenz geändert werden).*

Ein empfindlicher und genau geeichter Oszillograf ist in einem solchen Fall einem Voltmeter überlegen, da er die Wellenform und die Amplitude der Harmonischen anzeigt. Das Voltmeter gibt nur eine fehlerhafte Anzeige, wenn es mit sinusförmiger Spannung geeicht wurde, da die verzerrte Spannung nicht sinusförmig ist.
Oszillograf mit durchstimmbarem Verzerrungsmeßgerät: Eine andere Ausführungsform eines Verzerrungsmeßgerätes verwendet ein durchstimmbares RC-Netzwerk zur Veränderung der Nullfrequenz. Dies vermeidet die schwierige Umstellung des überbrückten T-Netzwerkes auf eine andere Frequenz. Dieses Meßgerät besitzt eine Anzeige, die direkt in Prozent geeicht ist. Weiter ist eine Ausgangsbuchse vorhanden, an die ein Oszillograf zur Anzeige der Wellenform angeschlossen werden kann.



a) Meßaufbau



b)

Bild 48:
Meßaufbau für Intermodulationsmessungen

8. 8. Intermodulationsmessung

Zur Überprüfung von Intermodulationen werden zwei Signale, eines mit niedriger und das zweite mit hoher Frequenz, auf den Eingang des zu prüfenden Verstärkers gegeben. Tritt im Verstärker eine Intermodulation auf, ist das Ausgangssignal des Verstärkers amplitudenmoduliert. Dabei ist das Signal mit der höheren Frequenz mit dem Signal niedriger Frequenz moduliert. Aus dem angezeigten amplitudenmodulierten Ausgangssignal wird der Intermodulationsgrad bestimmt.
Bild 48 zeigt den Aufbau für diese Intermodulationsmessung. In diesem Bild gibt der Signalgenerator ein gemischtes Signal von z. B. 60 und 7000 Hz ab. Der Ausgang des Verstärkers ist wieder mit dem Widerstand R_L, der gleich der Ausgangsimpedanz ist, abgeschlossen. Der Hochpaß erlaubt nur den Durchgang des modulierten Signals und sperrt das niederfrequente 60-Hz-Signal. Das modulierte Signal wird am Oszillografen zur Anzeige gebracht und ist ähnlich dem Bild 48 b.
Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung ein.*
3. *Stelle Synchronisationsschalter auf „Intern".*
4. *Stelle Meßaufbau nach Bild 48 her.*
5. *Schalte den Verstärker ein, stelle die Verstärkung und Tonblenden auf den gewünschten Wert.*
6. *Schalte den Signalgenerator ein und stelle die Ausgangsleistung auf den Wert ein, der zur Erreichung der Nennleistung des Verstärkers notwendig ist.*
7. *Erhöhe die Y-Verstärkung bis ein Bild erscheint.*

8. *Verändere die Zeitablenkung und Synchronisation so, daß mehrere stehende Perioden sichtbar werden (Bild 48 b).*
9. *Stelle die X- und Y-Verstärkung entsprechend der gewünschten Bildbreite und Höhe ein.*
10. *Messe die vertikalen Abstände a und b (Bild 48 b) in Einheiten der am Schirm angebrachten Skala.*
11. *Errechne den Intermodulationsgrad nach der Beziehung*

$$IM\ [\%] = 100\ [(b - a)/(b + a)]$$

12. *Wiederhole die Messung für verschiedene Verstärkungs- und Tonblendeneinstellungen.*

8. 9. Prüfung mit Rechteckspannung

Die Art, wie ein Verstärker rechteckförmige Signale verarbeitet, ermöglicht eine Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Verstärkers. Bei dieser Prüfung wird eine Rechteckspannung an den Eingang des Verstärkers gegeben und das Ausgangssignal mit dem Oszillografen beobachtet. Der Grad der Verformung des Signals durch den Verstärker enthüllt verschiedene Fehler. Behält das Signal seine Form, ist der Frequenz- und Phasengang des Verstärkers bis ungefähr zur neunfachen Frequenz des Testsignals in Ordnung. (Diese Abschätzung ergibt sich dadurch, daß für eine gute Rechteckform das Vorhandensein der 3., 5., 7. und 9. Harmonischen Voraussetzung ist.)

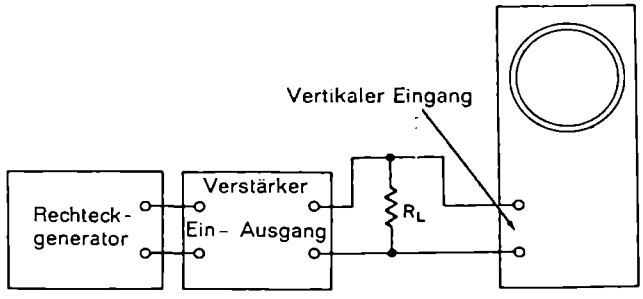


Bild 49: Aufbau zur Prüfung mit Rechteckspannung

Der für diese Messung verwendete Rechteckgenerator muß eine korrekte Rechteckspannung abgeben: Flaches Impulsdach, schneller Anstieg und Abfall, vernachlässigbares Überschwingen. Außerdem muß der Y-Verstärker des Oszillografen sehr breitbandig sein. Bild 49 zeigt den Meßaufbau.

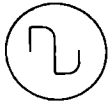
In Bild 50 sind mehrere verformte Rechteckspannungen zu sehen und erklärt. Aus diesen Abbildungen ist ersichtlich, daß schlechte Übertragungseigenschaften bei niedrigen Frequenzen eine Abrundung des Impulsabfalles verursachen (Bild 50 a) und schlechte Übertragungseigenschaften bei höheren Frequenzen den Impulsanstieg abrunden (Bild 50 g).

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung ein.*

3. *Stelle Synchronisationsschalter auf „Intern".*
4. *Ist das Testobjekt ein Endverstärker, schließe den Ausgang mit dem Widerstand R_L ab, der gleich der Ausgangsimpedanz des Verstärkers ist.*
5. *Stelle Meßaufbau nach Bild 49 her.*
6. *Schalte den Verstärker ein, stelle die Verstärkung und Tonblenden auf den gewünschten Wert.*
7. *Schalte Rechteckgenerator ein und drehe die Ausgangsspannung soweit auf, daß der Verstärker noch nicht übersteuert wird.*
8. *Erhöhe die Y-Verstärkung bis ein Bild erscheint.*
9. *Stelle Zeitablenkung und Synchronisation so ein, daß nur eine Periode sichtbar wird.*
10. *Stelle die X- und Y-Verstärkung entsprechend der gewünschten Bildbreite und Höhe ein.*
11. *Zur Beurteilung vergleiche die erhaltene Rechteckspannung mit den Oszillogrammen in Bild 50.*
12. *Wiederhole die Messung bei mehreren Frequenzen und verschiedenen Einstellungen des Verstärkers.*

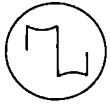
Niederfrequente Effekte



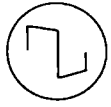
a) Schlechte niederfrequente Übertragungseigenschaften

b) Sehr schlechte niederfrequente Übertragungseigenschaften

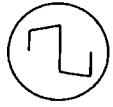
c) Erhöhte Verstärkung bei niederen Frequenzen



d) Verringerte Verstärkung bei niederen Frequenzen



e) Niederfrequente Phasendrehungen (vordrehend)



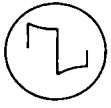
f) Niederfrequente Phasendrehungen (rückdrehend)

Hochfrequente Effekte

g) Schlechte hochfrequente Übertragungseigenschaften

Verschiedene Effekte

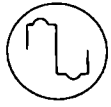
h) Sehr schlechte hochfrequente Übertragungseigenschaften



i) Erhöhte Verstärkung bei höheren Frequenzen

j) Hochfrequentes Überschwingen

k) Oszillation



l) Überhöhung eines schmalen Frequenzbereiches

m) Dämpfung eines schmalen Frequenzbereiches

n) Sehr schlechte Übertragungseigenschaften im gesamten Frequenzbereich

Bild 50: Prüfung mit Rechtecksignalen

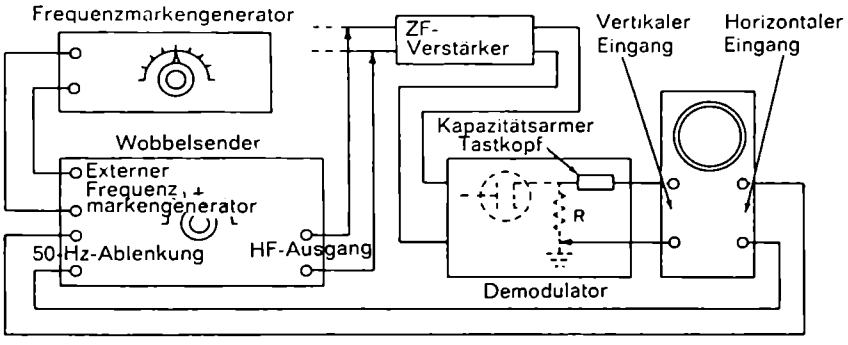
8. 10. Oszillograf als NF-Signalverfolger

Der Oszillograf kann sehr gut als Signalverfolger hoher Impedanz bei der Störungssuche verwendet werden, da er nicht nur die Anwesenheit und Amplitude des Signales an einem Meßpunkt anzeigt, sondern auch die Beobachtung des Signals erlaubt. Bei dieser Anwendung wird der Oszillograf wie ein Voltmeter eingesetzt. Für die Signalverfolgung wird ein kapazitätsarmer Tastkopf verwendet und so vorgegangen wie bei einer Spannungsmessung (Kapitel 5). Gebe ein sinusförmiges Testsignal an den Eingang und gehe mit dem Tastkopf in dem zu untersuchenden Verstärker (Schaltung) von Stufe zu Stufe und prüfe die Anwesenheit und Amplitude des Signals. Der Verstärker muß bei dieser Prüfung eingeschaltet sein. In den meisten Fällen wird vorzugsweise ein 1000-Hz-Signal verwendet.

9 Abgleich und Prüfungen an Empfängern

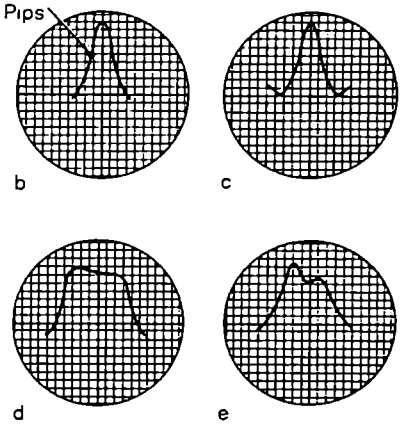
Seit der Erfindung des Oszillografen ist dieser beim Abgleich und bei der Überprüfung von Empfängern unentbehrlich. An Radioempfängern können verschiedene Einstellungen mit Hilfe eines Oszillografen viel schneller und besser durchgeführt werden. Ohne Oszillografen können z. B. an Fernsehempfängern notwendige Einstellungen nur unter großen Schwierigkeiten durchgeführt werden. Damit ist jedoch nicht gesagt, daß ein Oszillograf sämtliche Instrumente ersetzen kann. In vielen Anwendungsfällen wie z. B. Prüfung der Bandbreite, Prüfung der Wellenform usw. ist der Oszillograf aber unabdingbar.

Dieses Kapitel beschreibt den prinzipiellen Gebrauch des Oszillografen bei Messungen an Empfängern. Da Beispiele anschaulich sein sollen, wurden typische Anwendungsbeipiele gewählt. All die vielen möglichen Variationen können in diesem Buch nicht behandelt werden. Für spezielle Anwendungen, z. B. bei Farbfernsehempfängern, soll die Bedienungsanleitung des Herstellers zu Rate gezogen werden.



a) Meßaufbau

Bild 51: Abgleich eines ZF-Verstärkers



9. 1. Visueller Abgleich von ZF-Verstärkern

Bild 51 zeigt den Meßaufbau zum Abgleich der ZF-Stufen in einem Empfänger für AM-Signale (AM = Amplitudenmodulation). Der Wobbelsender liefert die Zwischenfrequenz (ZF) und verändert ständig die Frequenz um die Mittenfrequenz von meist 475 kHz. Gleichzeitig liefert der Wobbelsender ein 50-Hz-Signal für die Horizontalablenkung des Oszillografen. Der Frequenzmarkengenerator liefert einen kleinen Pips (Höcker) an der am Schirm geschriebenen Durchlaßkurve. Damit kann die genaue Lage des Durchlaßbereiches bestimmt werden.

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung aus.*
3. *Stelle Synchronisationsschalter auf „Extern".*
4. *Stelle Meßaufbau nach Bild 51 her.*
   a) *Verbinde den Wobbelsender mit dem Eingang des ZF-Verstärkers.*
   b) *Ein externer Frequenzmarken-Generator ist nicht erforderlich, wenn mit dem Wobbelsender Frequenzmarken eingeblendet werden können.*
   c) *Verbinde den Y-Eingang über einen Tastkopf mit dem Lastwiderstand R des Demodulators im Empfänger.*

d) Verbinde den X-Eingang mit dem 50-Hz-Ausgang des Wobbelsenders.

5. *Schalte Wobbelsender, Frequenzmarkengenerator und Empfänger ein und stelle die Ausgangsspannung des Wobbelsenders vorerst auf Null.*
6. *Stelle die Ausgangsspannung des Wobbelsenders auf einen Probepegel.*
7. *Stelle am Wobbeisender die Zwischenfrequenz ein.*
8. *Stelle einen Wobbelhub von ca. 30 kHz ein.*
9. *Erhöhe die Y-Verstärkung bis ein Bild erscheint.*
10. *Wenn notwendig, erhöhe die Ausgangsleistung des Wobbelsenders bis sich eine Kurve ähnlich Bild 51b ergibt.*
11. *Stelle die X- und Y-Verstärkung entsprechend der gewünschten Bildbreite und Höhe ein.*
12. *Ist das Oszillogramm verworren, korrigiere die Phase im Wobbelsender.*
13. *Justiere die ZF-Trimmer so, daß sich eine schmale Durchlaßkurve ähnlich Bild 51b ergibt. Ist die Ausgangsspannung des Wobbelsenders zu groß, neigt sich der Fuß der Durchlaßkurve nach oben (Bild 51c) oder die Durchlaßkurve bekommt zwei Höcker (Bild 51e).*
14. *Sind die Mittenfrequenzen der einzelnen Filter etwas gegeneinander versetzt, ergeben sich breitere Durchlaßkurven (Bild 51d). Noch stärkere Versetzung der einzelnen Mittenfrequenzen ergibt zwei oder mehrere Höcker in der Durchlaßkurve.*
15. *Zur Bestimmung von Frequenzpunkten auf der Kurve wird der Frequenzmarkengenerator verwendet. Die Ausgangsspannung des Frequenzmarkengenerators soll möglichst klein gehalten werden, da sonst der Pips den angezeigten Kurvenzug stört. Verändere die Frequenz und beobachte, wie der Pips über die Durchlaßkurve wandert. Die eingestellte Frequenz kann an der Frequenzeinstellung des Generators abgelesen werden. Damit können die Bandbreite der ZF-Durchlaßkurve gemessen oder die einzelnen Kreise für eine bestimmte Bandbreite abgestimmt werden.*

9. 2. Visueller Abgleich einer AM-Eingangsstufe

Der Meßaufbau für den Abgleich der Eingangsstufe eines AM-Empfängers ist in Bild 52 dargestellt. Bei dieser Messung wird die Mittenfrequenz des Wobbelsenders auf die gewünschte Frequenz, innerhalb des Empfangsbereiches, des Empfängers gestellt.
Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen mit kapazitätsarmem Tastkopf.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung aus.*
3. *Stelle Synchronisationsschalter auf „Extern".*
4. *Stelle Meßaufbau nach Bild 52 her.*
   a) Verbinde den Wobbelsender mit der Antenne und der Masse des Empfängers.

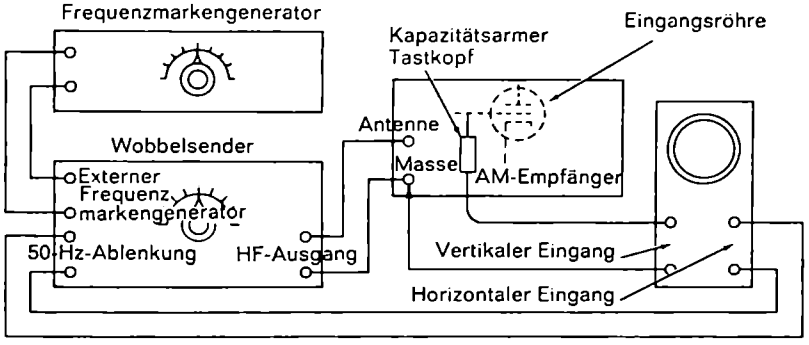


Bild 52:
Meßaufbau zum Abgleich des Eingangskreises

b) Ein externer Frequenzmarkengenerator wird nicht benötigt, wenn mit dem Wobbelsender Frequenzmarken eingeblendet werden können.

c) Verbinde den vertikalen Eingang (über den Tastkopf mit dem Gitter der ersten Röhre (Mischer) oder bei transistorisierten Geräten mit der Eingangselektrode des ersten Transistors.

d) Verbinde den horizontalen Eingang mit dem 50-Hz-Ausgang des Wobbelsenders.

5. *Schalte Wobbelsender und Empfänger ein und regle die Ausgangsspannung des Senders vorerst auf Null.*
6. *Stelle die Ausgangsspannung des Wobbelsenders auf einen Probepegel.*
7. *Stelle den Wobbelsender auf die gewünschte Abstimmfrequenz.*
8. *Stimme den Empfänger auf die Mittenfrequenz des Wobbelsenders ab.*
9. *Stelle einen Wobbelhub von ca. 30 kHz ein.*
10. *Erhöhe die vertikale Verstärkung, bis am Schirm ein Bild erscheint.*
11. *Wenn notwendig erhöhe die Ausgangsleistung des Wobbelsenders, bis sich eine ähnliche Kurve wie in Bild 51b ergibt.*
12. *Stelle die vertikale und horizontale Verstärkung entsprechend der gewünschten Bildbreite und Höhe ein.*
13. *Ist das Oszillogramm verworren, korrigiere die Phase im Wobbelsender.*
14. *Gleiche die Trimmer im Eingangskreis so ab, daß sich eine schmale Durchlaßkurve ähnlich Bild 51 b ergibt. Ist die Ausgangsspannung des Wobbelsen-*

ders zu groß, neigt sich der Fuß der Durchlaßkurve nach oben (Bild 51c) oder die Durchlaßkurve bekommt zwei Höcker (Bild 51e).

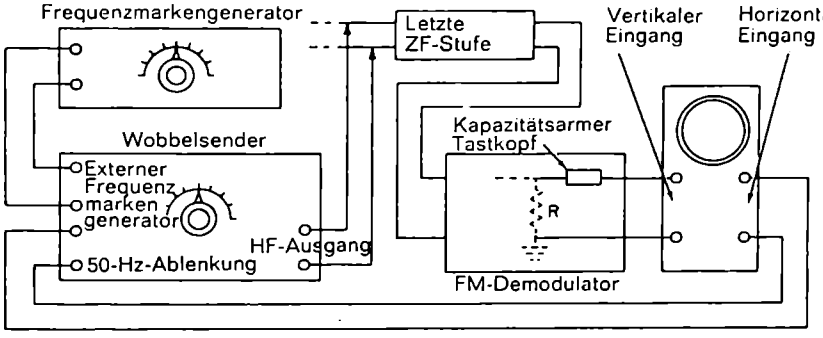
15. *Sind die Mittenfrequenzen der einzelnen Kreise etwas gegeneinander versetzt, ergeben sich breitere Durchlaßkurven (Bild 51d). Noch stärkere Versetzung der einzelnen Mittenfrequenzen ergibt zwei Höcker in der Durchlaßkurve (Bild 51e).*
16. *Zur Bestimmung von Frequenzpunkten auf der Kurve wird der Frequenzmarkengenerator verwendet. Die Ausgangsspannung des Frequenzmarkengenerators soll zur Vermeidung von Störungen möglichst klein gehalten werden. Durch Verändern der Frequenz und Beobachten des Pips auf der Durchlaßkurve kann die Bandbreite bestimmt werden.*
17. *Abgleich des Mischoszillators:*
    a) *Lasse den Empfänger auf die Mittelfrequenz des Wobbelsenders abgestimmt.*
    b) *Verringere die Ausgangsspannung des Frequenzmarkengenerators auf Null.*
    c) *Gehe mit dem Tastkopf auf die erste Stufe des vorher abgestimmten ZF-Verstärkers.*
    d) *Gleiche den Oszillatortrimmer so ab, daß sich eine Durchlaßkurve ähnlich Bild 51b ergibt.*

9. 3. Visueller Abgleich eines FM-Demodulators

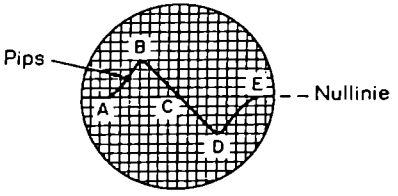
Bild 53 zeigt den Meßaufbau zum Abgleich eines FM-Demodulators (Diskriminator oder Ratio-Detektor). Der Wobbelsender liefert die Zwischenfrequenz (10,7 MHz) als Mittenfrequenz und wobbelt diese mit einem Frequenzhub von einigen kHz. Der Wobbelsender liefert gleichzeitig eine 50-Hz-Ablenkspannung für den Oszillografen. Der Frequenzmarkengenerator gibt zur Frequenzbestimmung den Pips auf der Kurve.

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen mit einem kapazitätsarmen Tastkopf.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung aus.*
3. *Stelle Synchronisationsschalter auf „Extern".*
4. *Stelle Meßaufbau nach Bild 53 her:*
5. *Schalte Wobbelsender und Empfänger ein und regle die Ausgangsspannung des Senders vorerst auf Null.*
6. *Stelle die Ausgangsspannung des Wobbelsenders auf einen Probepegel.*
7. *Stelle den Wobbelsender auf die ZF.*
8. *Stelle einen Wobbelhub von ca. 300 kHz ein.*
9. *Erhöhe die vertikale Verstärkung, bis am Schirm ein Bild erscheint.*
10. *Wenn notwendig, erhöhe die Ausgangsspannung des Wobbelsenders, bis sich eine Kurve ähnlich Bild 53 b ergibt.*



a) Meßaufbau



b) Demodulatorkennlinie

Bild 53: Abgleich eines FM-Demodulators

11. *Stelle die horizontale und vertikale Verstärkung entsprechend der gewünschten Bildbreite und Höhe ein.*
12. *Stimme die Trimmer in der letzten ZF-Stufe und im FM-Demodulator so ab, daß sich eine Kurve nach Bild 53 b ergibt. Die beiden Spitzen B und D sollen gleich hoch sein und die Punkte A, C und E sollen auf der Nullinie liegen.*
13. *Zur Bestimmung von Frequenzpunkten auf der Kurve wird der Frequenzmarkengenerator verwendet.*

9. 4. Visueller Abgleich von FM-ZF-Verstärker

Der ZF-Verstärker eines FM-Empfängers wird in ähnlicher Weise abgeglichen wie der in Abschnitt 9.1. beschriebene ZF-Verstärker eines AM-Empfängers. Den Meßaufbau dazu zeigt Bild 54.

Der Ablauf der Messung ist derselbe wie er in Abschnitt 9.1. für den Abgleich eines AM-ZF-Verstärkers beschrieben wurde. Die Ausnahme besteht nur darin, daß anstelle einer ZF von 470 kHz eine solche von 10,7 MHz mit einem Wobbelhub von 300 kHz am Wobbelsender eingestellt wird und der vertikale Eingang des Oszillografen (über einen kapazitätsarmen Tastkopf) mit der Anode der letzten Röhre des ZF-Verstärkers verbunden wird.

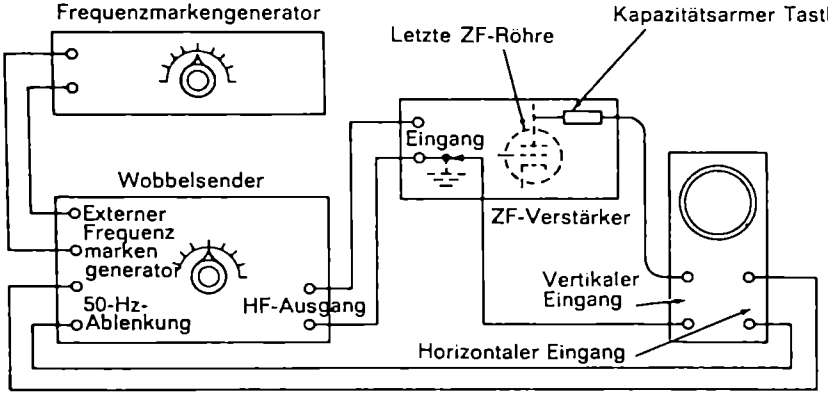


Bild 54: Meßaufbau
für den Abgleich eines FM-ZF-Verstärkers

9. 5. Visueller Abgleich einer FM-Eingangsstufe

Für den Abgleich einer FM-Eingangsstufe gilt der Meßablauf wie er für die Eingangsstufe eines AM-Empfängers in Abschnitt 9. 2. beschrieben wurde. Die Ausnahmen sind:

1. *Stelle den Wobbelsender auf die gewünschte Meßfrequenz innerhalb des Empfangsbereiches.*
2. *Stelle einen Wobbelhub von ca. 300 kHz ein.*
3. *Der Frequenzmarkengenerator muß über den Empfangsbereich durchdrehbar sein. Ist dies nicht möglich, verwende einen externen, unmodulierten Meßsender als Frequenzmarkengenerator.*

9. 6. Visueller Abgleich eines Fernseh-ZF-Verstärkers

Zum Abgleich des Video-(Bild)-ZF-Verstärkers in einem Schwarz-Weiß-Fernsehgerät wird der Meßaufbau von Bild 54 verwendet. Verbinde den Wobbelsender mit dem Eingang des Bild-ZF-Verstärkers (Gitter der Mischröhre oder Primärkreis des ersten ZF-Filters) und den vertikalen Eingang des Oszillografen (über den Tastkopf) mit dem Ausgang des Bild-ZF-Verstärkers.

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen mit einem kapazitätsarmen Tastkopf.*

2. *Schalte interne Zeitablenkung aus.*
3. *Stelle Synchronisationsschalter auf „Extern".*
4. *Stelle Meßaufbau nach Bild 54 her:*
   a) *Verbinde den Wobbelsender mit dem Eingang des Bild-ZF-Verstärkers (Gitter der Mischröhre oder Primärkreis des ersten ZF-Filters).*
   b) *Ein externer Frequenzmarkengenerator wird nicht benötigt, wenn mit dem Wobbelsender Frequenzmarken eingeblendet werden können.*
   c) *Verbinde den vertikalen Eingang (über den Tastkopf) mit dem Ausgang des Bild-ZF-Verstärkers (Gitter des Video-Verstärkers).*
   d) *Verbinde den horizontalen Eingang mit dem 50-Hz-Ausgang des Wobbelsenders.*
5. *Schalte Wobbelsender und Empfänger ein und regle die Ausgangsspannung des Senders vorerst auf Null.*
6. *Stelle die Ausgangsspannung des Wobbelsenders auf einen Probepegel.*
7. *Stelle den Wobbelsender auf die Mittenfrequenz des ZF-Durchlaßbereiches (23 oder 36 MHz).*
8. *Stelle einen Wobbelhub von 10 MHz ein.*
9. *Erhöhe die vertikale Verstärkung, bis am Schirm ein Bild erscheint.*
10. *Wenn notwendig, erhöhe die Ausgangsspannung des Wobbelsenders, bis sich eine Kurve ähnlich Bild 55 ergibt. Zur Vermeidung von Störungen, verwende eine möglichst kleine Ausgangsspannung.*
11. *Stelle die horizontale und vertikale Verstärkung entsprechend der gewünschten Bildbreite und Höhe ein.*
12. *Ist das Bild verworren, korrigiere die Phase im Wobbelsender.*
13. *Stimme die ZF-Trimmer so ab, daß sich eine Durchlaßkurve nach Bild 55 ergibt.*
14. *Stelle die Frequenz des Frequenzmarkengenerators auf die in Bild 55 speziell bezeichneten Punkte. In dieser Durchlaßkurve liegt bei 33,25 MHz der Tonträger und bei 38,75 MHz der Bildträger.*
15. *Der ZF-Verstärker ist richtig abgeglichen, wenn die Durchlaßkurve genau die Form besitzt, wie sie vom*

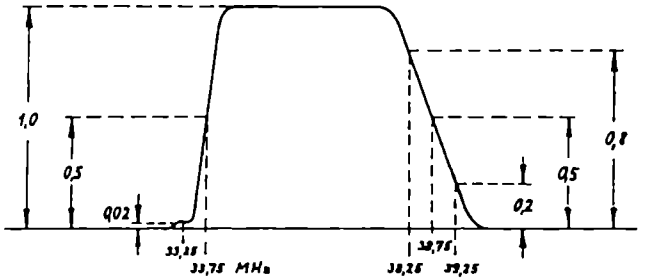


Bild 55: Typische Durchlaßkurve eines Bild-ZF-Verstärkers

Hersteller in den Serviceunterlagen angegeben ist. Messe die Amplituden in den angegebenen Bezugspunkten nach einer Methode von Kapitel 5. Das Dach der Kurve ist sehr flach, um einen genügend großen Durchlaßbereich für ein sauberes und kontrastreiches Bild zu erhalten.

9. 7. Visueller Abgleich des Tonkanals eines Fernsehempfängers

Der 5,5-MHz-Verstärker und der FM-Demodulator des Tonkanals werden in zwei Stufen abgeglichen. Erst wird der ZF-Verstärker und dann der Demodulator abgeglichen.

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen mit einem kapazitätsarmen Tastkopf.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung aus.*
3. *Stelle Synchronisationsschalter auf „Extern".*
4. *Stelle Meßaufbau nach Bild 54 her:*
   a) *Verbinde den Wobbelsender mit dem Eingang des Ton-ZF-Verstärkers.*
   b) *Ein externer Frequenzmarkengenerator wird nicht benötigt, wenn mit dem Wobbelsender Frequenzmarken eingeblendet werden können.*
   c) *Verbinde den Y-Eingang mit dem Ausgang des Ton-ZF-Verstärkers.*
   d) *Verbinde den X-Eingang mit dem 50-Hz-Ausgang des Wobbelsenders.*
5. *Schalte Wobbelsender und Empfänger ein, stelle am Empfänger einen freien Fernsehkanal ein und regle die Ausgangsspannung des Wobbelsenders vorerst auf Null.*
6. *Stelle die Ausgangsspannung des Wobbelsenders auf einen Probepegel.*
7. *Stelle den Wobbelsender auf 5,5 MHz.*
8. *Stelle einen Wobbelhub von ca. 300 kHz ein.*
9. *Erhöhe die Y-Verstärkung, bis am Schirm ein Bild erscheint.*
10. *Wenn notwendig, erhöhe die Ausgangsspannung des Wobbelsenders, bis sich eine Kurve ähnlich Bild 51b ergibt. Dies ist die Durchlaßkurve des Ton-ZF-Verstärkers.*
11. *Stimme die Trimmer so ab, daß sich die gewünschte Durchlaßkurve ergibt.*
12. *Ist das Bild verworren, korrigiere die Phase im Wobbelsender.*
13. *Zur Bestimmung von Frequenzpunkten auf der Durchlaßkurve wird der Frequenzmarkengenerator verwendet.*

Zum Abgleich des Diskriminators oder Ratio-Detektors im Tonkanal wird der Wobbelsender mit derselben Einstellung, wie beim Abgleich des Ton-ZF-Verstärkers, betrieben. Der Abgleich wird so durchgeführt wie es in Abschnitt 9. 3. beschrieben wurde.

9. 8. Prüfung des Video-Verstärkers

Der Bildverstärker besitzt eine große Bandbreite von 20 Hz bis 5,5 MHz. Seine Güte kann sehr schnell mit Hilfe von Rechtecksignalen abgeschätzt werden. Zu diesem Zweck muß der Rechteckgenerator von 20 Hz bis ca. 600 kHz durchdrehbar sein und der Vertikalverstärker des Oszillografen muß eine größere Bandbreite als der Videoverstärker besitzen. Den Meßaufbau zeigt Bild 56.

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen mit einem kapazitätsarmen Tastkopf.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung ein.*

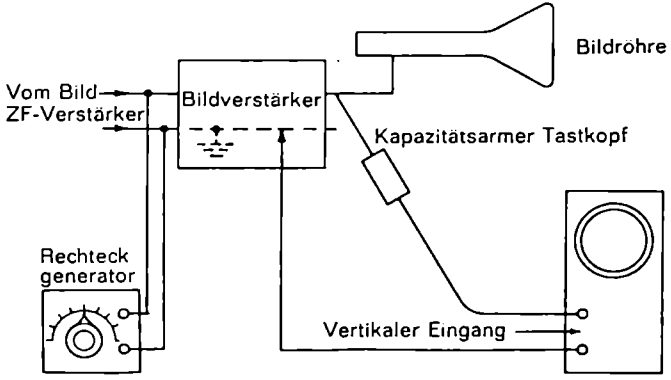


Bild 56: Meßaufbau zur Prüfung des Bildverstärkers

3. *Stelle Synchronisationsschalter auf „Intern".*
4. *Stelle Meßaufbau nach Bild 56 her:*
   a) *Verbinde den Rechteckgenerator mit dem Eingang des Video-Verstärkers.*
   b) *Verbinde den vertikalen Eingang (über den Tastkopf) mit dem Ausgang des Video-Verstärkers.*
5. *Schalte Generator und Empfänger ein, stelle am Empfänger einen freien Fernsehkanal ein und regle die Ausgangsspannung des Rechteckgenerators vorerst auf Null.*
6. *Stelle die Ausgangsspannung des Rechteckgenerators auf einen Prüfpegel, der unterhalb des Übersteuerungswertes des Verstärkers liegt.*
7. *Stelle am Rechteckgenerator 20 Hz ein.*
8. *Erhöhe die Y-Verstärkung, bis am Schirm ein Bild erscheint.*
9. *Stelle die Zeitablenkfrequenz und Synchronisation so ein, daß nur eine stehende Periode geschrieben wird. Bei Frequenzen, die höher als die maximale Zeitablenkfrequenz sind, werden mehrere Perioden geschrieben.*
10. *Stelle die horizontale und vertikale Verstärkung entsprechend der gewünschten Bildbreite und Höhe ein.*
11. *Beobachte die Form des Rechteckes und vergleiche sie mit den in Bild 50 gezeigten Formen.*
12. *Wiederhole die Prüfung bei Frequenzen von 50 Hz, 25 kHz, 100 kHz und 600 kHz.*

13. *Befindet sich die Kontrasteinstellung des Fernsehempfängers im Video-Verstärker, wiederhole die Messungen bei verschiedenen Einstellungen des Kontrastreglers.*

9. 9. Visueller Abgleich einer Fernseheingangsstufe

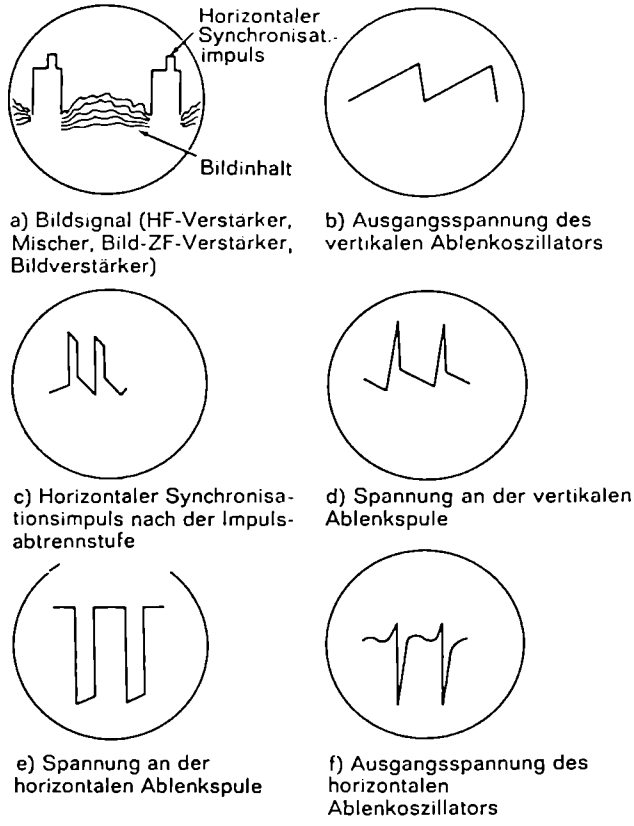
Der Abgleich dieser Stufe wird so durchgeführt wie er in Abschnitt 9. 2. für einen AM-Empfänger beschrieben wurde. Die Ausnahmen davon sind:

1. *Stimme den Empfänger auf den gewünschten Fernsehkanal ab.*
2. *Stelle am Wobbelsender die Mittenfrequenz dieses Kanals ein.*
3. *Stelle einen Wobbelhub von 10 MHz ein.*
4. *Stelle den Frequenzmarkengenerator erst auf die Frequenz des Bildträgers und dann auf die Frequenz des Tonträgers des gewählten Kanales. Stimme die Trimmer so ab, daß die geforderte Bandbreite erreicht wird.*

9. 10. Prüfung verschiedener FS-Signale

Die Form des Bildinhaltes sowie die Form der Synchronisationsimpulse soll visuell geprüft und gleichzeitig sollen ihre Amplituden mit dem Oszillografen gemessen werden.

Für diese Prüfung wird der Fernsehapparat auf einen



a) Bildsignal (HF-Verstärker, Mischer, Bild-ZF-Verstärker, Bildverstärker)

b) Ausgangsspannung des vertikalen Ablenkoszillators

c) Horizontaler Synchronisationsimpuls nach der Impulsabtrennstufe

d) Spannung an der vertikalen Ablenkspule

e) Spannung an der horizontalen Ablenkspule

f) Ausgangsspannung des horizontalen Ablenkoszillators

Bild 57: Beispiele verschiedener TV-Signale

Sender eingestellt und an jedem interessierenden Punkt der Schaltung das zu prüfende Signal mit dem Tastkopf abgenommen. Messe die Spitzenspannung und vergleiche die Formen dieser Signale mit denen in den Service-Unterlagen.

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen unter Verwendung eines kapazitätsarmen Tastkopfes und eines Demodulator-Tastkopfes.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung ein.*
3. *Stelle Synchronisationsschalter auf „Intern".*
4. *Verbinde die „Masse" des Oszillografen mit dem Chassis des Empfängers.*
5. *Stelle den Empfänger auf einen Sender ein. Stelle die Bedienungselemente für Kontrast und Bildfang auf normalen Betriebspunkt.*
6. *Verwende den Demodulator-Tastkopf für Signale im Video-Verstärker und den kapazitätsarmen Tastkopf für Signale im und nach dem Video-Verstärker.*
7. *Stelle Zeitablenkfrequenz und Synchronisation so ein, daß zwei stehende Perioden oder Impulse angezeigt werden. Bild 57 zeigt verschiedene Beispiele von Signalen, die im Betrieb des Empfängers auftreten.*
8. *Vergleiche die Form und die Amplitude des Signals mit den Werten in den Service-Unterlagen.*

9. 11. Prüfung des NF-Kanals in Empfängern

Zur Prüfung des NF-Kanals in FM-, AM- oder TV-Empfängern stimme den Empfänger auf eine Lücke zwischen zwei Sendern ab und gehe so vor, wie es in den Abschnitten 8. 1. bis 8. 9. beschrieben wurde.

9. 12. Oszillograf als Signalverfolger

Die Eignung des Oszillografen als NF-Signalverfolger wurde bereits in Abschnitt 8. 10. beschrieben. Er ist ebenso geeignet als HF-Signalverfolger bei der Störungssuche in AM-, FM- und TV-Empfängern.
Ein breitbandiger Oszillograf kann ein Signal mit einem kapazitätsarmen Tastkopf durch alle HF- ZF- und Demodulatorstufen innerhalb seines Durchlaßbereiches verfolgen. Ein Oszillograf, der nur für NF-Signale geeignet ist, kann mit einem Demodulator-Tastkopf verwendet werden, wenn der AM- oder FM-Empfänger mit einem geeigneten modulierten Testsignal betrieben wird. Der Fernsehempfänger wird dabei mit einem Bildgenerator betrieben.

10 Messungen und Einstellungen an Sendern

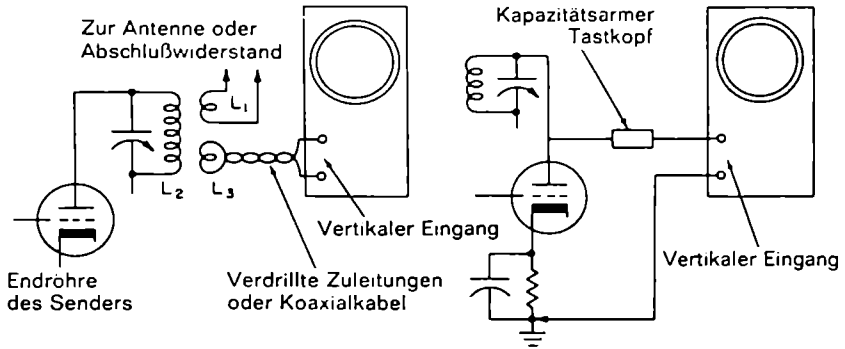
Einstellungen und Fehlersuche an Radiosendern werden durch Verwendung geeigneter Oszillografen erleichtert. Bei bestimmten Anwendungen, wie z. B. bei der Überprüfung der Modulation, kann ein Oszillograf mehr aussagen als ein äquivalentes Meßgerät. In anderen Anwendungsfällen ist der Oszillograf eine nützliche Ergänzung.
Dieses Kapitel beschreibt prinzipielle Anwendungen des Oszillografen bei der Prüfung von Sendern. Spezielle Prüfungen an Fernsehsendern werden nicht beschrieben, da dies über den Rahmen des Buches gehen würde.

10. 1. Prüfung der Amplitudenmodulation durch Sinusmodulation

Dies ist eine der ältesten Anwendungen des Oszillografen bei der Prüfung von Radiosendern. Bei dieser Methode wird der amplitudenmodulierte Träger mit dem Oszillografen sichtbar gemacht und der Modulationsgrad aus diesem Oszillogramm bestimmt. Bild 58 a und b zeigt den Meßaufbau.

Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung ein.*
3. *Stelle Synchronisationsschalter auf „Intern".*
4. *Stelle Meßaufbau nach Bild 58 her.*
   a) *Wenn der Frequenzbereich des Vertikalverstärkers die Frequenz des Trägers nicht mehr beinhaltet, verbinde direkt die vertikalen Ablenkplatten mit einer kleinen Koppelspule von ca. 3 Windungen am Ausgangsfilter des Senders (Bild 57 a). Kann mit dem Oszillografen die Trägerfrequenz noch aufgenommen werden, wird das Signal mittels einer induktiven Kopplung (Bild 57 a) oder über einen kapazitätsarmen Tastkopf (Bild 57 b) an den Eingang des Y-Verstärkers gegeben. Bei der letzten Methode darf die Summe aus Gleich- und HF-Spannung des Senders die Grenzbelastung des Tastkopfes und des Oszillografen nicht überschreiten.*
   b) *Bei ausgeschaltetem Sender wird die X-Verstärkung auf einen Probewert gestellt.*
   c) *Stelle Zeitablenkung und horizontale Verstärkung so ein, daß sich eine waagrechte Linie ergibt (Bild 58 c).*
   d) *Schalte den Sender ohne Modulation ein. Der unmodulierte Träger ergibt ein Oszillogramm nach Bild 58 d.*



a) Induktive Kopplung b) Mit Tastkopf

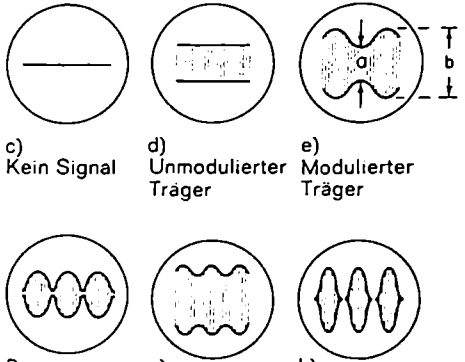


Bild 58: Prüfung der AM durch Sinusmodulation

e) Moduliere den Träger mit einem sinusförmigen NF-Signal. Diese Amplitudenmodulation ergibt ein Oszillogramm ähnlich den Bildern 58 e, f, g oder h.

f) Stelle die X- und Y-Verstärkung entsprechend der gewünschten Bildbreite und Höhe ein.

g) Stelle Zeitablenkfrequenz und Synchronisation so ein, daß zwei oder drei stehende Perioden geschrieben werden.

h) Messe die minimale Höhe a und maximale Höhe b des Oszillogramms, wie es in Bild 58 e dargestellt ist.

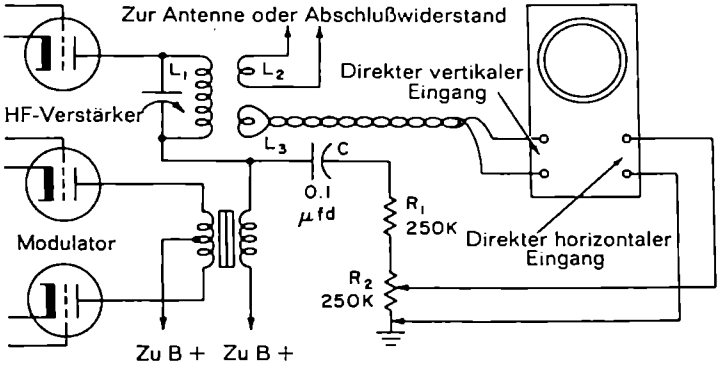
i) Berechne den Modulationsgrad in Prozent:

$$M\ (\%) = 100\,[(b - a)/(b + a)]$$

Bild 58 f zeigt das Oszillogramm bei 100%iger Modulation, und die Bilder 58 g und h zeigen Oszillogramme für Unter- bzw. Übermodulation.

10. 2. Prüfung der Amplitudenmodulation mittels Modulationstrapezes

Diese Methode ist etwas einfacher als die in 10. 1. beschriebene, da die interne Zeitablenkung des Oszil-



a) Meßaufbau

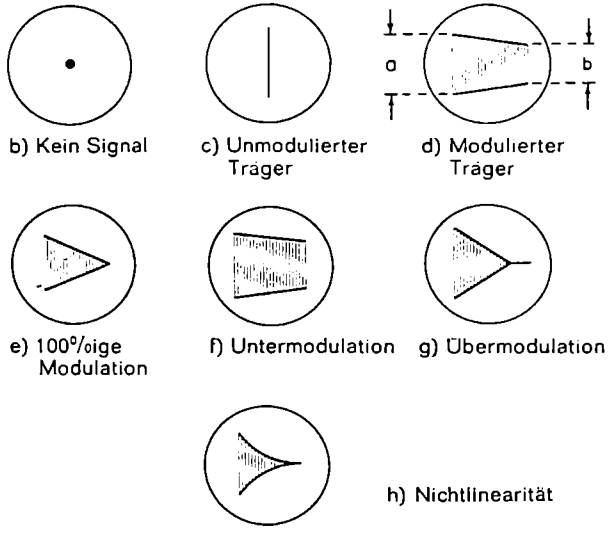


Bild 59: Prüfung der AM mittels Modulationstrapezes

lografen nicht verwendet wird. Vielfach wird diese Methode zur direkten Bestimmung der Amplitudenmodulation verwendet. Bild 59 a zeigt den Meßaufbau. Meßablauf:

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung aus.*
3. *Stelle Meßaufbau nach Bild 59 a her:*
   a) *Verwende nicht die Verstärker des Oszillografen. Verbinde direkt die vertikalen Ablenkplatten mit der Koppelspule von ca. 3 Windungen am Ausgangsfilter des Senders. Verbinde direkt die horizontalen Ablenkplatten über einen Spannungsteiler C, R 1, R 2 mit dem Ausgang der Modulationsstufe.*
   b) *Bei ausgeschaltetem Sender wird die X- und Y-Verstärkung auf einen Probewert gestellt. Als Oszillogramm wird nur ein Punkt sichtbar (Bild 59 b).*

c) *Schalte den Sender ohne Modulation ein. Der unmodulierte Träger ergibt ein Oszillogramm nach Bild 59 c.*
d) *Moduliere den Träger mit einem sinusförmigen NF-Signal. Diese Amplitudenmodulation ergibt ein Oszillogramm nach Bild 59 d, e, f, g oder h.*
e) *Verändere die Kopplung L 3 mit L 1, bis die gewünschte Höhe des Trapezes erreicht wird, und verändere R 2 bis zur gewünschten Breite des Trapezes.*
f) *Messe die maximale Höhe a und minimale Höhe b des Trapezes wie in Bild 59 d dargestellt.*
g) *Bestimme den Modulationsgrad:*

Die Bilder 58 e, f, g und h zeigen Oszillogramme, wie sie bei 100%iger Modulation, Unter- und Übermodulation erhalten werden. Eine Anwendung dieses Modulationstrapezes besteht darin, daß mit diesem die Linearität des HF-Verstärkers beurteilt werden kann. Die Geradheit der beiden Seiten des Trapezes zeigt diese Linearität an. In Bild 59 h sind diese Seiten des Trapezes nicht geradlinig, d. h. daß Nichtlinearitäten vorhanden sind.

10. 3. Prüfung der Modulationsstufe

Die Modulationsstufe wird überprüft, indem Verstärkung, Frequenzgang, Verzerrungen, Phasendrehung, Intermodulation, Ausgangsleistung, Brummen und rauschen gemessen werden.
Die Durchführung dieser Messungen wurde in den Abschnitten 8. 2. bis 8. 9. beschrieben.

10. 4. Prüfung von Frequenz-Vervielfacherstufen

Bei der Einstellung eines Senders besteht die Möglichkeit, daß ein HF-Verstärker, Verdoppler, Verdreifacher oder Vervierfacher auf die falsche Frequenz abgestimmt ist. Dies kann unter Umständen ernsthafte Folgen nach sich ziehen.
Wegen der Mehrdeutigkeit durch Harmonische sind die Messungen mit Frequenzmessern oft verwirrend und die Abstimmung des Senders wird schwierig. Der Oszillograf dagegen ist ein zuverlässiges Frequenzmeßgerät. Die Anwendung des Oszillografen für Frequenzmessungen im NF-Gebiet wurde in Kapitel 6 beschrieben. Der Oszillograf kann zum Frequenzvergleich verwendet werden. Dies ermöglicht den Vergleich der Betriebsfrequenz einer Senderstufe mit der Oszillatorfrequenz.
Bild 60 zeigt den Meßaufbau zur Bestimmung der Frequenz f_x einer Verstärker- oder Vervielfacherstufe in bezug auf die Oszillatorfrequenz f 1 durch Lissajous-Figuren. Bei dieser Anwendung müssen die beiden Signale über kürzeste Zuleitungen direkt an die horizontalen und vertikalen Ablenkplatten gegeben wer-

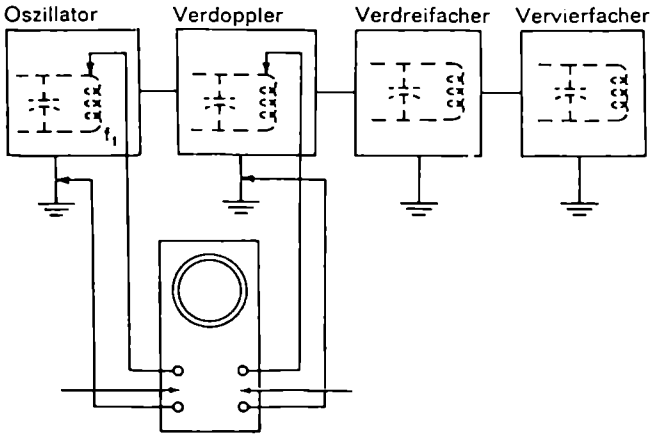


Bild 60: Meßaufbau zur Prüfung von Vervielfacher

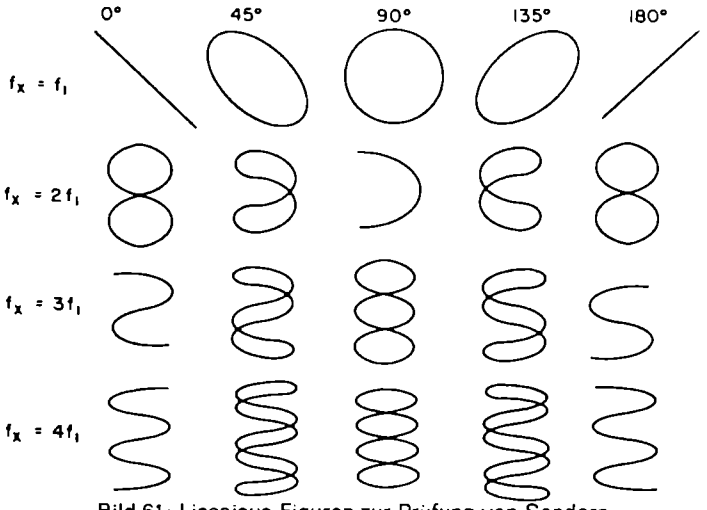


Bild 61: Lissajous-Figuren zur Prüfung von Sendern

den. Bild 61 zeigt verschiedene Lissajous-Figuren, die bei Frequenzverhältnissen von $f_x : f1 = 1:1, 2:1, 3:1$ und 4 : 1 und Phasendifferenzen von 0 °, 45 °, 90 °, 135 ° und 180 ° erhalten werden.

Meßablauf

1. *Inbetriebnahme des Oszillografen.*
2. *Schalte interne Zeitablenkung aus.*
3. *Stelle Synchronisationsschalter auf „Extern".*
4. *Stelle Meßaufbau nach Bild 60 her:*
   a) *Verwende möglichst kurze Zuleitungen. Verbinde direkt die vertikalen Ablenkplatten mit dem Schwingkreis des Oszillators und die horizontalen Ablenkplatten direkt mit dem Schwingkreis der zu untersuchenden Stufe.*
   b) *Drehe horizontale und vertikale Verstärkung ganz zurück.*
   c) *Schalte Sender ein.*
   d) *Stimme den Sender ganz durch und beobachte am Schirm die Lissajous-Figuren.*
   e) *Vergleiche diese Figur mit denen in Bild 61 und bestimme, ob die Stufe richtig arbeitet.*

mehr lernen
mehr wissen
mehr können

durch bewährten und anerkannten Fernunterricht

- **Amateur-Funklizenz**
- **Elektronik** Transistor-Elektronik-Praxis
  Digital- und Analog-Elektronik
  Industrie-Elektronik
  Elektronik-Basteln
- **Fernsehtechnik - Farbfernsehen - Reparaturpraxis**
- **Elektrische Meßgeräte und ihre Anwendung**
- **Stabrechnen** ■ **Fremdsprachen** ■ **Bautechnik**

Informationsbroschüren kostenlos und unverbindlich!
Gewünschten Lehrgang bitte angeben.

Die Fernschule in Bremen - 28 Bremen 34 - Postfach 34 7026 Abt. FV

Mitglied im Arbeitskreis korrektes Fernlehrwesen
Empfohlen durch die Aktion Bildungsinformation

TOPP

Buchreihe Elektronik

Die TOPP-Buchreihe Elektronik umfaßt mehr als 100 Titel. Übersetzungen erscheinen in Englisch, Französisch, Holländisch, Schwedisch und Spanisch. Wir senden Ihnen gern eine Titelübersicht und den Prospekt „Welche Schaltung suchen Sie" mit mehr als 1000 Hinweisen auf bereits erschienene Schaltungen.
VERLAG FRECH 7000 STUTTGART 1 (BOTNANG)

Diese Buchreihe macht moderne Elektronik verständlich; sie fördert das Fachwissen, und der weitgespannte, praxisbezogene Themenkreis weckt das Interesse am Aufbau von Schaltungen und an eigenen Experimenten. Für viele wurde Elektronik durch die zuverlässigen Bauanleitungen zum faszinierenden Hobby.

ISBN 3-7724-0087-6

Dieses Handbuch der Oszillografie wurde für Techniker und für solche Leute geschrieben, die mit wenigen Worten wissen wollen, wie der Oszillograf bei den verschiedenen Aufgaben angewandt wird. Es wird vorausgesetzt, daß der Leser Grundkenntnisse in der Elektronik besitzt und daß er anderseits keine theoretische Abhandlung erwartet. Die Anweisungen sind so kurz wie möglich und rezeptartig gehalten. Die Theorie wurde weggelassen — mit Ausnahme einiger Stellen, wo sie zum Verstehen der Anweisungen notwendig war.
Dieses Fachbuch ist ein Arbeitsmittel für den Techniker im Labor ebenso wie für den Studenten, den Service-Techniker, den Radio- und Elektronik-Amateur.